

Festschrift

*Einblicke in die chemie-
didaktische Forschung zu den
Schwerpunkten individuelle
Förderung und
naturwissenschaftliches Arbeiten*

**Festschrift anlässlich des 60. Geburtstages
von Prof. Dr. Ch. S. Reiners**



**Einblicke in die chemiedidaktische Forschung zu den
Schwerpunkten individuelle Förderung und
naturwissenschaftliches Arbeiten**

Hrsg. von
Univ.-Prof. Dr. Katharina Groß
und
Dr. Andrea Schumacher

Elektronische Schriftenreihe der Universitäts- und Stadtbibliothek

Band 12

Köln 2018

Titelbild: Paragenese von Chalkopyrit (gold), Galenit (grau) und Quarz(farblos) Foto: Laurence Schmitz, Layout: Niklas Prewitz

© Universitäts- und Stadtbibliothek Köln
Universitätsstraße 33, 50931 Köln
<http://www.ub.uni-koeln.de>

ISBN: 978-3-946275-03-9
ISSN: 2191-849X

**Einblicke in die chemiedidaktische Forschung zu den Schwerpunkten
individuelle Förderung und naturwissenschaftliches Arbeiten**

Festschrift für

Prof. Dr. Ch. S. Reiners

Geschäftsführende Direktorin des
Instituts für Chemiedidaktik der Universität zu Köln

zum 60. Geburtstag

Herausgegeben von

Univ.-Prof. Dr. Katharina Groß
und
Dr. Andrea Schumacher

Köln 2018

Vorwort von Prof. Dr. Hans-Günther Schmalz

Liebe Christiane,

liebe Leserinnen und Leser dieser Festschrift,

es ist etwas Wunderbares und im Wissenschaftsbetrieb durchaus Außergewöhnliches, wenn der 60. Geburtstag einer geschätzten Kollegin gleich mehrfach gefeiert wird, in diesem Fall mit einer eindrucksvollen Festschrift, die dem wissenschaftlichen Symposium im letzten Sommer folgt.

Liebe Christiane: Im Laufe Deiner Hochschulkarriere hast Du viele Spuren hinterlassen. Da sind zum einen die vielen Studierenden, die Du mit großem Engagement ausgebildet und auf den Beruf als Chemielehrende vorbereitet hast. Da sind die Strukturen und „Mikrokulturen“, die Du als Lehrstuhlinhaberin, Institutschefin und Prorektorin für Lehre geprägt hast. Bedeutsam sind die wissenschaftlichen Gedanken und Erkenntnisse, die Du in Form von Publikationen, Monographien, Vorträgen und Diskussionen in die Community eingebracht hast. Aber das wichtigste sind die im Laufe der Jahre gewachsenen persönlichen Bindungen zu den Menschen, mit denen Du als Kollegin und/oder akademische Mentorin eng verbunden warst und bist.

So werte ich diese Festschrift als ein eindrucksvolles Zeugnis von Freundschaft und Respekt, die Dir aus dem Kreis illustrierer Fachkolleg*innen entgegengebracht werden. Und darauf darfst und sollst Du mächtig stolz sein. Die insgesamt neun spannenden Kapitel überdecken ein faszinierendes und buntes Spektrum chemiedidaktischer Aspekte, und ich bin sicher, dass Du an vielen Stellen auch die ein oder andere der von Dir gelegte intellektuelle Spur wiedererkennen wirst. Dies möge Dir Genuss und Freude bereiten mindestens so sehr wie ein gutes Glas Riesling im Kreise von Freunden.

Dieser Festschrift wünsche ich die gebührende Verbreitung und Aufmerksamkeit in der Community der Chemiedidaktiker*innen und darüber hinaus – als ein Dokument, das den wissenschaftlichen Diskurs beflügeln und selbst neue Spuren generieren möge.

Und Dir, liebe Christiane, wünsche ich noch viele gesunde und produktive Jahre!

Köln, 23.4.2018

Hagga Schmalz

Einleitung

Christiane Reiners ist eine Fachdidaktikerin, die immer schon die Fachwissenschaft Chemie als den wesentlichen Bezugspunkt ihrer Forschungs- und Lehrtätigkeit an der Hochschule angesehen hat. Aufbauend auf dieser Sichtweise setzt sie sich bereits seit Beginn ihrer chemiedidaktischen Karriere intensiv mit der Bedeutung von Wissenschaftstheorie und Nature of Science für die Schule sowie für die universitäre Lehrer*innenbildung auseinander. Darüber hinaus arbeitet Christiane Reiners in ihrer Forschungsgruppe seit 2005 im Bereich der individuellen Förderung von Schüler*innen im Chemieunterricht und den grundlegenden Möglichkeiten zur Umsetzung von Inklusion.

Die vorliegende Festschrift spiegelt das Forschungs- und Lehrgebiet von Christiane Reiners wider und gibt Einblicke in grundlegende chemie- bzw. naturwissenschaftsdidaktische Forschungsfelder zum Lernen und Lehren von Chemie bzw. von Naturwissenschaften, die sich schwerpunktmäßig mit den beiden Themen „Aspekte der naturwissenschaftlichen Erkenntnis für Schüler*innen, Studierende und Lehrer*innen“ und „Möglichkeiten der individuellen Förderung im (inklusive) Chemieunterricht“ auseinandersetzen.

In dem ersten, einleitenden Beitrag von *Katharina Groß* und *Andrea Schumacher* widmen sich die Autorinnen dem verbindenden Element der beiden Themen, indem sie das Konzept des Lehr-Lern-Labors ELKE als besondere Möglichkeit herausstellen, um das individuelle Chemie- bzw. Naturwissenschaftslernen aller Schüler*innen zu fördern und sie damit in ihrem naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozess und in der Folge in der Entwicklung einer angemessenen naturwissenschaftlichen Grundbildung zu unterstützen.

In dem folgenden Beitrag stellen *Fouad Abd-El-Khalick* und *John Myers* einen theoretischen Rahmen zur Förderung des Verständnisses von Schüler*innen und Lehramtsstudierenden von Nature of Science dar (Kapitel 2). Der eigentliche Gegenstand der Naturwissenschaften, die Natur und weiterführend die Technik, mit denen sich die Schüler*innen und Lehrer*innen im Fachunterricht auseinandersetzen, wird im dritten Kapitel von *Mareike Frevert* und *David-Samuel Di Fuccia* ausführlich thematisiert (Kapitel 3). *Markus Emden* und *Hendrik Härtig* geben Einblicke in Möglichkeiten und Grenzen von Lehrer*innenfortbildungen für den experimentellen Chemieunterricht unter Einbezug von open educational resources (OER) (Kapitel 4). Mit Blick auf einen Chemieunterricht, der die Schüler*innen angemessen auf einen MINT-Beruf vorzubereiten vermag, stellen *Philipp Diebels* und *Gisela Lück* in Kapitel 5 eine bundesweite

Lehrplananalyse dar, die das Ausmaß der Berücksichtigung von Berufsorientierung offenlegt (Kapitel 5). Das sich daran anschließende Kapitel von *Markus Prechtel* widmet sich den Herausforderungen einer gendersensiblen und individualisierten Berufsorientierung und fokussiert dabei insbesondere die Beteiligung von Frauen in MINT-Studiengängen und Berufen (Kapitel 6).

Von *Karin Stachelscheid* wird in Kapitel 7 das Konstrukt „Humor“ als einen innovativen Zugang für Schüler*innen zu Lerninhalten dargelegt (Kapitel 7). Mit den Herausforderungen des Lehrens und Lernens von Chemie in stark heterogenen, inklusiven Lerngruppen setzt sich *Michael Anton* in Kapitel 8 intensiv auseinander (Kapitel 8). Schließlich zeigt *Katharina Groß* in ihrem Beitrag eine konkrete Umsetzungsmöglichkeit von Differenzierung und individueller Förderung im Chemieunterricht am Beispiel eines lernstilorientierten Lernarrangements auf (Kapitel 9).

Inhalt

Vorwort..... I

Einleitung II

Der außerschulische Lernort ELKE als Möglichkeit der Verbindung von individuellem Lernen und naturwissenschaftlicher Erkenntnis für Schüler*innen (Katharina Groß und Andrea Schumacher)..... 1

Nature of Science Aspects for School Students and Science Teachers: A Developmental Framework (Fouad Abd-El-Khalick and John Y. Myers) 17

Natur als Diskussionsgegenstand der naturwissenschaftlichen Fachdidaktiken (Mareike Frevert, David-Samuel Di Fuccia)..... 35

***Ad fontes:* Lehrkräftebildung zum naturwissenschaftlichexperimentellen Arbeiten neu denken – Wie können Lehrkräfte beim Lernen für den eigenen Unterricht unterstützt werden? (Markus Emden und Hendrik Härtig) 51**

Bereiten wir genügend auf MINT-Berufe vor? (Philipp Diebels und Gisela Lück) 71

Über die Herausforderung einer individualisierten und gendersensiblen Berufsorientierung für Schülerinnen in Chemie (Markus Precht) 87

Lernen und Lehren mit Humor (Karin Stachelscheid)111

Was ist inklusiver Chemieunterricht? (Michael Anton)127

Elektrochemie lernstilorientiert differenziert – Eine Möglichkeit zur Förderung des fachlichen Lernens in heterogenen Lerngruppen (Katharina Groß).....149

Der außerschulische Lernort ELKE als Möglichkeit der Verbindung von individuellem Lernen und naturwissenschaftlicher Erkenntnis für Schüler*innen

Katharina Groß und Andrea Schumacher

1 Einleitung

Der grundlegende Bildungswert von außerschulischen Lernorten als bereichernde Möglichkeit des unterrichtlichen Lernens von Schüler*innen ist unumstritten. Im Bereich der Naturwissenschaften bieten diese den Schüler*innen durch eine handlungsorientierte Gestaltung das Potential, das im Unterricht erworbene Wissen in einem neuen Kontext anzuwenden und somit einen Beitrag zur naturwissenschaftlichen Grundbildung der Schüler*innen zu leisten. Damit solche Lernprozesse zielführend angeregt werden, muss auch im außerschulischen Lernort, ebenso wie im unterrichtlichen Geschehen, die Diversität der Schüler*innen angemessen berücksichtigt werden. Auch wenn die Lerngruppe sowie deren jeweiligen Lern- und Entwicklungsvoraussetzungen im Vorfeld des Besuchs eines außerschulischen Lernortes nur wenig bekannt sind, können die individuellen Lernvoraussetzungen der teilnehmenden Schüler*innen durch die hohe Betreuungsdichte, d.h. durch die Zuwendung der Lehrpersonen als eine bedeutsame Form der Differenzierung (Textor, 2015), angemessen berücksichtigt werden, sodass schließlich auch unterschiedliche Aneignungswege der Schüler*innen möglich werden.

Das Schülerlabor ELKE (*Experimentieren – Lernen – Kompetenzen Erwerben*) an der Universität zu Köln erreicht dies darüber hinaus nicht nur durch den Einsatz von curricular anbindungsfähigen Inhalten, sondern darüber hinaus auch durch ihre kompetenzorientierte und differenzierende Gestaltung (Groß & Schumacher, 2018b; vgl. auch Abb. 1). In diesem Sinne besitzt ELKE auf eine Breitenwirkung ab, d.h. ELKE richtet sich an alle Schüler*innen jeglicher Schulformen und Jahrgangsstufen. Die Experimentiertage sind in einen Kontext aus dem Alltag der teilnehmenden Schüler*innen eingebunden (z.B. Chemie in Werbung, in Fernsehsendungen oder in verschiedenen Berufen) und fördern auf diese Weise die Anwendung von chemischem Wissen in verschiedenen, auch außerunterrichtlich bedeutsamen Situationen. Im Vordergrund steht dabei das eigenständige Experimentieren der Schüler*innen, das ihnen nicht nur eigene Lösungswege ermöglicht, sondern ebenfalls den kommunikativen Austausch über das experimentelle Vorgehen, die daraus gewonnen

Ergebnisse sowie deren Bewertung fördert. Der Grad der Öffnung der Experimente kann dabei an die jeweiligen Lernvoraussetzungen der Klassen angepasst werden (vgl. auch Pfeifer, Schaffer & Sommer, 2011), sodass alle Schüler*innen durch den adaptiven Einsatz verschiedener Differenzierungsmaßnahmen einen Lernerfolg erfahren (z.B. durch Differenzierung nach Lerntempo, Gruppenzusammensetzung und/oder Art und Weise der Aufgabenstellungen). Damit dieser Lernerfolg auch nachhaltig für den Chemieunterricht nutzbar gemacht werden kann, wird den Lehrkräften in jedem ELKE-Experimentiertag entsprechendes Vor- und Nachbereitungsmaterial zur Verfügung gestellt.



*Abbildung 1: ELKE steht für „Experimentieren – Lernen – Kompetenzen Erwerben“ und kann sowohl als klassisches Schülerlabor für Schüler*innen als auch als Lehr-Lern-Labor für Lehramtsstudierende klassifiziert werden. Die konkrete Ausgestaltung von ELKE erfolgt über die Ausdifferenzierung der drei Begrifflichkeiten „Experimentieren“, „Lernen“, „Kompetenzen Erwerben“, die die Grundprinzipien des Gesamtkonzepts darstellen.*

Im Folgenden werden exemplarisch verschiedene Experimentiertage des Schülerlabors ELKE vorgestellt, die Schüler*innen unterschiedlichen Alters in den Blick nehmen.

2 Beispiele aus den Inhalten bei ELKE

2.1 ELKE^{Junior}

Das Konzept ELKE^{Junior} adressiert sowohl Grundschüler*innen als auch Schüler*innen aus der Erprobungsstufe der weiterführenden Schulen und ist curricular an den Lehrplan für den Sachunterricht an Grundschulen in Nordrhein-Westfalen angebunden (Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen, 2008; Bereich Natur und Leben). Übergeordnetes Ziel dieser ELKE-Experimentiertage ist die Unterstützung der Entwicklung einer fragenden Haltung von Schüler*innen gegenüber der Natur (Köhnlein, 2015) durch die Untersuchung naturwissenschaftlich-chemische Phänomene.

Tabelle 1: Übersicht über die ELKE^{Junior}-Experimentiertage.

ELKE ^{Junior}	Inhalt und Anbindungsmöglichkeit an den Lehrplan (Grundschule, Sachunterricht)	Jgst.
„Meine Umwelt und ich“	Experimente planen und durchführen zu unterschiedlichen Formen der Energie (-umwandlung) (Wärme, Licht, Wasser, Luft) [Bereich Natur und Leben, Schwerpunkt 1 und 2]	Primarstufe bis 5./6. Klasse
„Mein Körper und ich“	Experimentelle Ermittlung und Bewertung gesunder Ernährung und Körperpflege für den Menschen [Bereich Natur und Leben, Schwerpunkt 4]	Primarstufe bis 5./6. Klasse
„Bei Wind und Wetter“ in Kooperation mit J. Stiller, Humboldt-Universität zu Berlin/ Wettermuseum Lindenberg	Untersuchung naturwissenschaftlicher Phänomenen sowie Planung, Durchführung und Auswertung von Experimenten rund um die Themen „Luft, Wasser, Wetter und Klima“ [Bereich Natur und Leben, Schwerpunkt 2]	Primarstufe bis 5./6. Klasse

„Mein Körper und ich“


Ziel des Experimentiertages „Mein Körper und ich“ ist es, dass sich die Schüler*innen experimentell mit naturwissenschaftlichen Phänomenen rund um ihren eigenen Körper (Themen „Körper, Sinne, Ernährung und Gesundheit“) auseinandersetzen. Dafür schlüpfen sie in die Rolle eines Forschers und unterstützen mit Hilfe von selbstständig durchgeführten Experimenten das Forscherduo Fridolin und Frida bei der Beantwortung unterschiedlicher Fragen zum eigenen Körper, die sie in einem bereitgestellten Forscherheft dokumentieren.

Der Experimentiertag gliedert sich in zwei Forscherphasen. Nachdem die Schüler*innen begrüßt worden sind, werden sie zu Beginn von Fridolin und Frida in den thematischen

Kontext sowie in das sichere Arbeiten im Labor eingeführt. In den Forscherphasen sollen die Schüler*innen in Forscherduos das konkret formulierte Lernziel „Hilf Fridolin und Frida beim Beantworten ihrer Fragen und lerne dabei deinen eigenen Körper besser kennen“ durch die Durchführung eines Stationenlernens erreichen. Die Stationen sind im Sinne der curricularen Anbindungsfähigkeit den Themenfeldern des Sachunterrichts angepasst und durch chemiespezifische Fragestellungen erweitert (Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen, 2008).

Das Forscherheft führt die Forscher*innen an jeder Station in die Thematik und die dazugehörige Fragestellung ein (Abb. 2). Darüber hinaus beinhaltet es weiterführende Arbeitsaufträge. Um die Lernatmosphäre für die Forscher*innen angemessen zu gestalten, wird jedes Forscherduo eng durch die Studierenden betreut, der sie bei Bedarf in der Erreichung der angestrebten Lernziele unterstützt. Zusätzlich sind alle Stationen im Sinne der Differenzierung gestaltet (u.a. liegen Hilfekärtchen aus). Nach jeder Station dürfen die Forscher*innen eine Silhouette vervollständigen, die sich am Anfang des Forscherhefts befindet. In diesem Sinne dokumentieren und visualisieren die Schüler*innen prozessbegleitend ihren individuellen Lernfortschritt.

„Mein Körper und Ich!“



Station 6: Die Körpertemperatur und das Fieber

Jeder kennt das Gefühl, wenn man krank ist und das Gefühl hat, dass der ganze Körper heiß ist und fast „glüht“ – das nennt man Fieber. Meistens kommt Mama oder Papa dann mit dem Fieberthermometer und misst die Temperatur. Wenn die Temperatur zu hoch ist, bekommt man sogar Medikamente. Wieso ist die Temperatur im Körper wichtig und was passiert, wenn der Körper zu heiß wird? Hilf Fina und Fridolin ihre Fragen zu beantworten.


Die Proteine im Ei


Du brauchst:

- ein Ei, zwei Bechergläser, eine Heizplatte mit Wasserbad, ein Reagenzglas

So geht's:

- Trenne das Eiklar vom Eigelb und gib das Eiklar in das Reagenzglas.
- Stell das Reagenzglas in das Wasserbad (40°C).
- Dreh die Temperatur langsam bis 70°C hoch.




 Was konntest du beobachten? Beschreibe das Aussehen des Eiklars.

Das Eiklar ist im Reagenzglas (~20°C) ...

Das Eiklar ist im Wasserbad bei 40°C

Das Eiklar ist im Wasserbad bei 70°C ...



Schülerlabor ELKE an der Universität zu Köln




Abbildung 2: Ausschnitt aus dem Forscherheft (Gestaltung: Julia Knosalla)

Nach Bearbeitung der Stationen in den beiden Forscherphasen werden aus den Duos Forscherquartetts. In dieser Gruppenarbeitsphase sollen die Schüler*innen nun ein Kreuzworträtsel lösen, das spezifisch abgestimmte Fragen zu den einzelnen Stationen beinhaltet. Am Ende des gemeinsamen Rätsellösens erhalten die Schüler*innen ein Lösungswort. Jedes Forscherquartett hat nun ein Lösungswort generiert, das im weiteren Verlauf im Plenum visualisiert wird. Im Klassen- bzw. Forscherverbund soll nun aus den einzelnen Lösungswörtern ein gesamter Lösungssatz entstehen. Durch dieses Vorgehen

wird jedem Forscherquartett eine Bedeutung zugeschrieben und der Klassenverbund gestärkt. Abschließend bedanken sich Fridolin und Frida bei ihrem Forscherteam für die fleißige Hilfe und entlassen die Schüler*innen aus dem Schülerlabor.

2.2 ELKE

Bevor ELKE als Weiterentwicklung auch Grund- und Oberstufenschüler*innen in den Blick genommen hat, wurde das Konzept für Schüler*innen des Anfangs- und Mittelstufenunterrichts Chemie entwickelt (mit Anbindungsmöglichkeiten an die Inhaltsfelder des Kernlehrplans Chemie, Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen, 2013). Die beiden Ausgangsthemen „Ein Tag mit Chemie – Schülerreporter im Labor“ und „Laufen, schwitzen... trinken?!“ sind bereits ausführlich beschrieben und fachdidaktisch erforscht (Groß & Schumacher, 2018a/ b). Insgesamt existieren sechs ELKE-Tage:

Tabelle 2: Übersicht über die ELKE-Experimentiertage.

ELKE	Inhalt	Anbindungsmöglichkeit im Inhaltsfeld (IHF) des Kernlehrplans (Gesamtschule, Chemie)	Jgst.
„Wie arbeiten eigentlich Chemiker im Labor?“	Laborgeräte und Sicherheitsregeln kennenlernen und anwenden	—	5–7
„Ein Tag mit Chemie – Schülerreporter im Labor“	Trennverfahren auf Grundlage unterschiedlicher Stoffeigenschaften planen und durchführen	Stoffe und Stoffeigenschaften (IHF 1)	5–7
„CSI Cologne – Wir klären jedes Verbrechen auf!“	Stoff- und Energieumwandlungen bei chemischen Reaktionen im Kontext nutzen	[Stoffe und Stoffeigenschaften (IHF 1)] Energieumsätze bei Stoffveränderungen (IHF 2)	7–8
„Dem Klima auf der Spur“	Ursachen und Wirkung des Treibhauseffekts mit Hilfe von Modellexperimenten erklären	Luft und Wasser (IHF 4)	7–8
„Laufen, schwitzen, trinken ...?!“	Ionennachweise durchführen und Sportgetränke bewerten	Elemente und ihre Ordnung (IHF 5)	8–10
„UzK-Verbraucherschützer – Werbung chemisch analysiert“	pH-Werte mit Indikatoren bestimmen und vergleichen, vertiefend: Stoffmengenkonzentration bestimmen	Säuren und Basen (IHF 7)	9–10

„CSI Cologne – Wir klären jedes Verbrechen auf!“

Der Experimentiertag „CSI Cologne – Wir klären jedes Verbrechen auf!“ richtet sich an Schüler*innen des Anfangsunterrichts Chemie und kann sowohl zur Erarbeitung als auch zur Vertiefung von Kenntnissen zur chemischen Reaktion dienen (IHF 2), darüber hinaus wird das Vorwissen der Schüler*innen zu Stoffen und Stoffeigenschaften (IHF 1) aufgegriffen und wiederholend gefestigt.

Der Experimentiertag ist an den Kontext „Forensik und Verbrechensaufklärung“ angelehnt und die Schüler*innen schlüpfen während des gesamten Experimentiertages in die Rolle von Ermittlern verschiedener CSI Cologne Teams. In der Einführung wird die Ausgangslage vorgestellt: Im Kölner Dom ist eine wichtige Reliquie entwendet worden und die Schüler*innen sollen nun mit Hilfe von chemisch-naturwissenschaftlichen Untersuchungen und Experimenten dabei helfen, den Täter oder die Täterin zu überführen. Dazu muss zunächst auf Grundlage der gefundenen Spuren der Kreis der Verdächtigen eingeschränkt werden. Nach dieser ersten Laborphase geraten vier verdächtige Personen als Täter*in in den Blick. Da in der Zwischenzeit neue Spuren gefunden wurden, werden die Schüler*innen für die zweite Laborphase vier verschiedenen Spezialeinheiten – CSI Köln-Lindenthal, Köln-Nippes, Köln-Porz und Köln-Deutz – zugeordnet, die die neuen Spuren jeweils mit Hilfe spezieller Experimente untersuchen. Da jedes CSI Cologne Team den Kreis der Verdächtigen zwar weiter einengen, aber alleine keine Person eindeutig als Täter*in überführen kann, tauschen sich die Schüler*innen in der anschließenden Besprechungsphase inhaltlich-methodisch über ihre jeweiligen Spezial-Experimente sowie deren Ergebnisse aus, um gemeinsam den Täter oder die Täterin zu bestimmen.

„UzK-Verbraucherschützer – Werbung chemisch analysiert“

Der Experimentiertag „UzK-Verbraucherschützer – Werbung chemisch analysiert“ richtet sich an Schüler*innen der Mittelstufe und ist inhaltlich an das IHF 7 „Säuren und Basen“ angebunden. Aufgabe für die Schüler*innen ist die chemische Analyse der Werbeaussage eines Kaugummiherstellers, die sich mit der Steigerung des pH-Werts durch das Kauen von Zahnpflegekaugummi befasst, sowie die Erstellung eines Flyers für den Verbraucherschutz, der sich kritisch mit der Aussagekraft der Werbung auseinandersetzt.

Im Sinne der Bereitstellung eines differenzierenden Angebots erhalten die Schüler*innen in der ersten Laborphase die Möglichkeit, ihr Vorwissen über Säuren und saure Lösungen, deren charakteristischen Eigenschaften und Reaktionen experimentell und theoretisch zu

aktivieren. Die erste Laborphase sowie deren Sicherung dienen dabei der Schaffung einer gemeinsamen Wissensgrundlage, damit die Schüler*innen in der darauffolgenden zweiten Laborphase dieses Wissen in einer Problemstellung anwenden können.

In dieser zweiten Laborphase vertiefen die Schüler*innen ihr Vorwissen über saure Lösungen und den pH-Wert, indem sie bezogen auf die Werbeaussage eines Kaugummiherstellers eine Verdünnungsreihe durchführen, mit Hilfe ihrer Ergebnisse erkennen, dass die Abstufung des pH-Wertes in Zehnerpotenzen erfolgt und abschließend ihre neu gewonnenen Erkenntnisse auf die Werbeaussage übertragen und diese bewerten. Je nach Lernvoraussetzungen der teilnehmenden Klassen wird auch in diesem Experimentiertag differenzierendes Lernmaterial bereitgestellt. Dieses reicht von der grundlegenden, aber didaktisch reduzierten Betrachtung der Änderung des pH-Wertes allein durch den erhöhten Speichelfluss im Mund während des Kaugummikauens (Verdünnung von Säuren bzw. sauren Lösungen) bis hin zu Lernmaterial, das sich mit den realiter vorhandenen im Mund befindlichen Säuren sowie deren Reaktionen biochemisch auseinandersetzt.

Der übergeordnete Kontext des Verbraucherschutzes bietet sich hier in besonderer Weise an, da die Werbeaussage des Kaugummiherstellers nicht grundsätzlich falsch ist, aber kritisch im Hinblick auf ihre umfassende Aussagekraft hinterfragt werden muss.

2.3 ELKE^{Oberstufe}

Aufbauend auf abiturrelevanten Fragestellungen aus dem Bereich des Chemieunterrichts zielt das Konzept ELKE^{Oberstufe} als Schülerlabor darauf ab, innovative experimentelle Lernumgebungen in einem außerschulischen Lernort zu entwickeln, zu erproben und im Hinblick auf die (Lern-)Wirksamkeit für die teilnehmenden Oberstufenschüler*innen zu evaluieren. Durch die Bereitstellung kosten- und zeitaufwendigerer Experimente sowie durch eine im Vergleich zur Schule hervorragende Betreuungsrelation, ermöglicht die Teilnahme an dem Schülerlabor ELKE^{Oberstufe} den Schüler*innen eine intensive fachliche Auseinandersetzung. Die Chemielehrer*innen erfahren durch die Teilnahme eine Entlastung ihres eigenen Unterrichts, da die Abiturvorbereitung zielführend ergänzt werden kann. Folgende Themen werden im Schülerlabor ELKE^{Oberstufe} angeboten (vgl. Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen, 2014):

Tabelle 3: Übersicht über die ELKE-Experimentiertage.

ELKE^{Oberstufe}	Inhalt	Anbindungsmöglichkeit im Inhaltsfeld des Kernlehrplans (gymnasiale Oberstufe, Chemie)	Jgst.
„chemistry escape – Finde den Weg!“	Eigenschaften von Stoffen auf Grund der Struktur vorhersagen und überprüfen, Veresterungsreaktionen planen und durchführen	Kohlenstoffverbindungen und Gleichgewichtsreaktionen (IHF 1); Organische Produkte – Werkstoffe und Farbstoffe (IHF 4)	EF / Q2
„Überführe den Dopingsünder!“	Quantitative Analysemethoden zur Bestimmung der Stoffmengenkonzentration anwenden und vergleichen	Säuren, Basen und analytische Verfahren (IHF 2)	Q1
„Hilfe für Walter Whites Wohnmobil!“	Elektrochemische Spannungsquellen bauen, Einflussfaktoren auf die Höhe der Spannung im Kontext anwenden	Elektrochemie (IHF 3)	Q1

„Chemistry Escape – Finde den Weg“

Der Experimentiertag „chemistry escape – Finde den Weg“ orientiert sich inhaltlich sowohl am IHF 1 als auch am IHF 4 der gymnasialen Oberstufe (Thematischer Schwerpunkt: Ester und organische Verbindungsklassen) und kann entsprechend der teilnehmenden Schüler*innengruppe inhaltlich an die jeweiligen Lernvoraussetzungen angepasst werden. Der grundlegende Ablauf des Experimentiertages sowie die übergeordnete thematische Einbettung in den Kontext eines „escape room“ bleiben dabei unverändert. Ziel des Experimentiertages ist es, dass die Schüler*innen ein aufgeworfenes Rätsel um die Arbeiten und das Verschwinden eines Wissenschaftlers mit Hilfe von Experimenten und in einem zeitlich begrenzten Rahmen lösen. Die Gestaltung des Experimentiertages als „escape room“ stellt eine Möglichkeit dar, dass sich Schüler*innen problemorientiert mit chemischen Inhalten auseinandersetzen. Grundsätzlich können „escape rooms“ didaktisch als Lern- und Denkspiele aufgefasst werden, die durch ein kooperatives und handlungsorientiertes Rätsellösen einen hohen Aufforderungscharakter für die teilnehmenden Schüler*innen besitzen (vgl. Reich, 2003). Durch die Bereitstellung eines differenzierenden Lernangebots kann gewährleistet werden, dass die Schüler*innen die Rätsel und inhaltlichen Problemstellungen in verschiedenen Anwendungssituationen erfolgreich lösen können (Dammer, Schumacher & Groß, 2018).

Nachdem die teilnehmenden Schüler*innen zum Schülerlabor ELKE^{Oberstufe} begrüßt und in die allgemeinen Sicherheitsmaßnahmen für das Arbeiten in einem universitären Labor

eingeführt worden sind, wird diese Einführung unter Einbezug medialer Unterstützung plötzlich unterbrochen (Abb. 3, links).

Ein Betreuer/ eine Betreuerin des Schülerlabors berichtet von einem Vorfall im Nachbarlabor. Der Wissenschaftler, der die Schüler*innen in die organische Chemie einführen sollte, ist verschwunden. Das Labor ist im Chaos versunken. Lediglich seine letzte, unfertige Veröffentlichung, ein mit Codes versehenes und unvollständiges Laborbuch, sowie seltsame Hinweise sind im Labor zu finden. Niemand konnte bisher etwas mit diesen Spuren anfangen. Die Schüler*innen werden nun gebeten, bei der Auflösung des Rätsels zu helfen. Sie sollen mit Hilfe von Experimenten und logischen Rätseln rund um das Thema „Ester und organische Verbindungsklassen“ herausfinden, woran der Wissenschaftler gearbeitet hat und wo er sich nun aufhalten könnte.

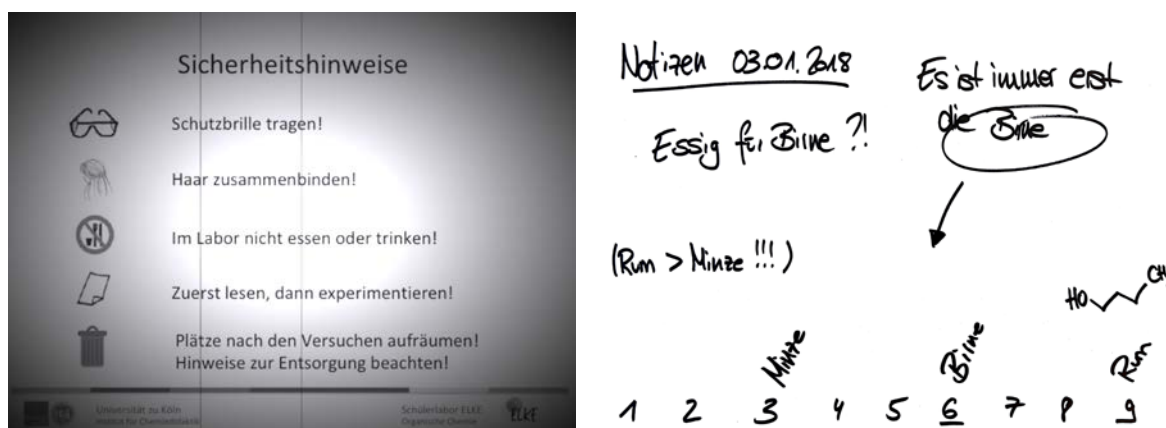


Abbildung 3: Unterbrochene Sicherheitseinführung aus dem Einstieg in den Tag (links), Ausschnitt aus dem lückenhaften Laborbuch mit Hinweisen (rechts) (Gestaltung Jan Dammer)

Damit die Schüler*innen in die Laborphase starten können, erhalten sie Informationen zu dem Forschungsgebiet des Wissenschaftlers sowie organisatorische und sicherheitsrelevante Hinweise. Schließlich wird den Schüler*innengruppen die letzte Veröffentlichung des Wissenschaftlers ausgeteilt. Hierbei handelt es sich um ein lückenhaftes Laborbuch, das neben sehr viel Text auch einige handschriftliche Anmerkungen, Zeichnungen und Symbole enthält (Abb. 3, rechts). Dieses Laborbuch ist so strukturiert, dass es die Schüler*innen durch die gesamte Laborphase mitsamt aller Rätsel und Aufgabenstellungen leitet. Zum Abschluss des Schülerlaborbesuches dient es der inhaltlichen Sicherung des Experimentiertages und als angemessenes Nachbereitungsmaterial für den Chemieunterricht.

Die Schüler*innen betreten für das Experimentieren das zuvor gesperrte Labor und finden mehrere Abzüge mit Apparaturen, Hinweise in Form von Aufzeichnungen und Symbolen

sowie einen Starttisch vor. Auf dem Starttisch befinden sich erste Hinweise und Anknüpfungspunkte, die das Spiel in Gang bringen. Durch einen solchen zentralen Startpunkt wird der Einstieg in das eigenständige Arbeiten, Rätseln und Experimentieren der einzelnen Schüler*innengruppen erleichtert. Der grundlegende Ablauf der einzelnen Rätsel bzw. Stationen kann wie folgt beschrieben werden: Zu jedem Experiment bzw. für die Planung und Durchführung der jeweiligen Experimente existieren Hinweise, die die Schüler*innen im Labor finden oder die sie zuvor durch logisches Kombinieren und Rätseln entschlüsseln müssen. Sowohl die Hinweise als auch die Ergebnisse aus den durchgeführten Experimenten besitzen eine logische Reihenfolge und führen sukzessive zur Entschlüsselung des Rätsels und damit zur Entcodierung bzw. Vervollständigung des Laborbuches. Die Schüler*innen arbeiten dabei entsprechend des forschenden Lernens möglichst eigenständig, erhalten allerdings bei kognitiven und/oder experimentellen Schwierigkeiten Unterstützung durch die betreuenden Studierenden. Die Studierenden helfen allerdings erst, wenn es die Schüler*innengruppe einfordert und/oder bei sicherheitsrelevanten Vorkommnissen. Jegliche Hilfestellungen sind von den Studierenden zu vermerken.

Haben alle Schüler*innengruppen das Rätsel um den verschwundenen Wissenschaftler gelöst, treffen sie sich erneut im Seminarraum für eine Abschlussrunde. Hier werden zunächst die von der jeweiligen Schüler*innengruppe benötigte Zeit sowie ihre erhaltenen Hinweise notiert. Analog zu den realen „escape rooms“ werden die Zeiten der Schüler*innen gesammelt und in einer fortlaufenden Rangliste“ vermerkt und (falls erwünscht) Fotos von den erfolgreichen Schüler*innengruppen gemacht. Ebenso kann bei Bedarf eine thematisch-inhaltliche Sicherung und Zusammenfassung erfolgen, wo chemisch-fachliche sowie experimentelle Fragestellungen aufgegriffen und ggf. besprochen werden.

„Überführe den Dopingsünder“

Der Experimentiertag „Überführe den Dopingsünder“ befasst sich inhaltlich mit quantitativen Analysemethoden zur Bestimmung von Stoffmengenkonzentrationen und ist dem IHF 2 „Säuren, Basen und analytische Verfahren“ der gymnasialen Oberstufe zugeordnet. Das übergeordnete Ziel des Experimentiertages ist es, dass die Schüler*innen verschiedene Titrationsverfahren kennenlernen, selbstständig durchführen und im Hinblick auf ihre Aussagekraft grundlegend miteinander vergleichen (einschließlich einer

experimentellen Methodenreflexion) und in Bezug auf ihre angemessene Verwendung in der Dopinganalyse diskutieren.

Thematisch ist der Experimentiertag in den Kontext „Alltagsdoping im Sport“ eingebettet: Das ELKE-Labor wird als Kooperations-Prüflabor einer Sporthochschule vorgestellt. Dort haben Dozierende Gerüchte gehört, dass sich einige ihrer Studierenden vor Prüfungen häufig mit Schmerzmitteln wie Acetylsalicylsäure „dopen“, was unter anderem zu Störungen der Nierenfunktion und des Magen-Darm-Traktes führen kann (Mutschler, Geisslinger, Kroemer, Menzel, & Ruth, 2013). Da die Dozierenden sich Sorgen um die Gesundheit der Studierenden machen, haben sie Urinproben von ihnen eingesammelt, da Acetylsalicylsäure als Salicylsäure über den Urin ausgeschieden wird und man ab einer bestimmten Konzentration von einer Gesundheitsgefahr ausgeht. Die Schüler*innen übernehmen nun die Rolle von Praktikant*innen in dem Prüflabor und sollen die Salicylsäure-Konzentration in den Urinproben bestimmen sowie einen abschließenden Prüfbericht erstellen.

In der ersten Laborphase führen die Schüler*innen daher eine Titration mit Endpunktsbestimmung über einen Indikator durch, berechnen mit Hilfe ihrer Ergebnisse die Salicylsäure-Konzentration einer Urinprobe und notieren Durchführungstipps in ihrem Laborjournal. Im Plenum werden die Ergebnisse gesammelt, verglichen und mögliche Fehlerquellen des Verfahrens diskutiert. Ausgehend von der Überlegung, dass der Farbumschlag eines Indikators bei einer gefärbten Probe nur schwer zu erkennen ist, werden die Proben in der zweiten Laborphase mit Hilfe einer Leitfähigkeits- sowie einer pH-metrischen Titration erneut untersucht. Die Titration planen die Schüler*innen auf Grund ihrer Erfahrung aus der ersten Laborphase selbstständig, erhalten hierbei aber in Abhängigkeit von ihrem Vorwissen Informationen zu der Leitfähigkeits- und pH-Messung sowie der Auswertung der Messergebnisse. Mit Hilfe des über den Verlauf des Experimentiertages erstellten Laborjournals fertigen die Schüler*innen anschließend ihren Doping-Prüfbericht zu der von ihnen untersuchten Urinprobe an, dabei können sie zwischen einem Video, einer Audioaufnahme oder einer schriftlichen Dokumentation wählen. In dem Prüfbericht sollen zu jedem Verfahren die berechnete Salicylsäure-Konzentration sowie das abschließende Urteil – gedopt oder nicht – dargestellt werden; weitere Inhalte können im Sinne der Differenzierung ein Vergleich der drei Verfahren sowie Wirkung und mögliche Gefahren eines Schmerzmitteldopings im Sport sein.

Zum Abschluss des Schülerlaborbesuchs werden (einige) Prüfberichte vorgestellt und in Bezug auf die Zielsetzung des Tages diskutiert. Die Prüfberichte können darüber hinaus für die Nachbereitung im Unterricht eingesetzt werden.

„Hilfe für Walter Whites Wohnmobil!“

In dem Experimentiertag „Hilfe für Walter Whites Wohnmobil“ setzen sich die teilnehmenden Schüler*innen experimentell mit elektrochemischen Spannungsquellen kontext- und problemorientiert auseinander (Anbindung an das IHF 3 des Kernlehrplans der gymnasialen Oberstufe). Ziel des Experimentiertages ist es, im Kontext einer fiktiven Problemstellung aus der bekannten amerikanischen Fernsehserie *Breaking Bad*® Einflussfaktoren auf Spannungsquellen experimentell zu erarbeiten und anzuwenden sowie selbstständig mobile Spannungsquellen aus Alltagsgegenständen zu bauen, um schließlich mit Hilfe ihrer gewonnenen Erkenntnisse die fiktive Problemstellung kritisch zu bewerten. Nachdem die Schüler*innen thematisch in den Experimentiertag eingeführt wurden, geht es in der ersten Laborphase darum, verschiedene galvanische Elemente herzustellen und auf Grundlage ihrer Messeergebnisse eine elektrochemische Spannungsreihe aufzustellen. Darüber hinaus sollen die Schüler*innen mehrere galvanische Zellen in Reihe schalten, deren Spannung messen und schließlich auch den Einflussfaktor der Konzentration auf die Spannung eines galvanischen Elements erheben. Vorrangiges Ziel dieser ersten Laborphase ist es, dass die Schüler*innen ein für das weitere Vorgehen angemessenes Vorwissen sowohl in der experimentellen Durchführung (u.a. Umgang mit elektrochemischen Experimentierkästen sowie mit spezifischen Spannungsmessgeräten) als auch inhaltlich aufbauen, auffrischen und/oder vertiefen.

Aufbauend auf der Erkenntnis, dass unterschiedliche galvanische Elemente eine unterschiedliche Spannung erzeugen, werden die Schüler*innen in der Phase der Zwischensicherung mit Hilfe einer Filmszene aus *Breaking Bad*® (Staffel 2, Folge 9 „Vier Tage Auszeit“) dazu aufgefordert, Vermutungen aufzustellen, wie sie mit Hilfe von im Wohnmobil vorzufindenden Materialien Walter Whites liegengeliebenes Wohnmobil wieder starten könnten. Ihre theoretischen Überlegungen können sie in der zweiten Laborphase dann experimentell erarbeiten und schließlich ihre aufgestellte Hypothese im Hinblick auf die grundsätzlichen Möglichkeiten überprüfen, wie man mit Hilfe von Alltagsmaterialien dem Wohnmobil eine (realistische) Starthilfe geben könnte. Für die selbstständige, experimentelle Überprüfung der Hypothesen erhalten alle

Schüler*innengruppen eine Materialbox, die verschiedene Möglichkeiten zulässt, galvanische Elemente mit unterschiedlichen Halbzellen zu bauen, in Reihe zu schalten und die jeweilige Zellspannung zu messen.

Zum Abschluss des Experimentiertages werden die verschiedenen Möglichkeiten an Spannungsquellen vorgestellt und im Rahmen von Bastelanleitungen gesichert.

3 Abschluss

Mit dem Konzept ELKE ist ein Weg geebnet worden, wie Schüler*innen in einem außerschulischen Lernangebot individuell gefördert und gefordert werden können, um in der Ausbildung ihrer naturwissenschaftlichen Grundbildung angemessen unterstützt zu werden (vgl. auch Groß & Schumacher, 2018b). Über den regulären Chemieunterricht hinaus erhalten die teilnehmenden Schüler*innen die Möglichkeit, Aspekte aus den jeweiligen Inhaltsfeldern des Kernlehrplans vertiefend zu erarbeiten und ihr erworbenes Fachwissen zielführend in problemorientierten Anforderungssituationen anzuwenden. Auf diese Weise vermag der Besuch im Schülerlabor ELKE den Schüler*innen das Wesen der experimentellen Naturwissenschaft Chemie aufzuzeigen und kann damit langfristig auch einen wichtigen Beitrag zur Berufsorientierung der teilnehmenden Schüler*innen leisten. Auch als Lehr-Lern-Labor für Studierende bietet das Konzept ELKE das Potential, angehende Chemielehrer*innen frühzeitig in ihrem Professionalisierungsprozess zu unterstützen und zu fördern. Durch die fachliche und fachdidaktische Vorbereitung auf die Experimentiertage sowie die aktive Betreuung der teilnehmenden Schüler*innen während der Durchführung der einzelnen Experimentiertage und deren theoriegeleitete Reflexion erwerben die Studierenden sukzessive diejenigen Lehrkompetenzen, die insbesondere im experimentellen Chemieunterricht an Bedeutung gewinnen (u.a. Planung von problemorientierten Lernarrangements, didaktisch reflektierter Einsatz von Experimenten oder differenzierende Anleitung und Betreuung experimenteller Schülerarbeiten). In diesem Sinne bildet das Konzept ELKE eine reflektierte, praxisnahe Verknüpfung universitärer Bildung mit den realen schulischen Anforderungen.

Literatur

- Dammer, J., Schumacher, A., & Groß, K. (2018). Schülerlabore innovativ und interessant gestalten. Chemistry escape – Finde den Weg! *Chemie in unserer Zeit* (in Vorbereitung).
- Groß, K., & Schumacher, A. (2018a). Konzeption und Evaluation des kompetenzorientierten Schülerlabors ELKE zum Thema „Ein Tag mit Chemie – Schülerreporter im Labor“. In: C. Maurer (Hrsg.) *Qualitätvoller Chemie- und Physikunterricht- normative und empirische Dimensionen. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Regensburg 2017*. (S. 733-736). Universität Regensburg.
- Groß, K., & Schumacher, A. (2018b). ELKE – Systematische Vernetzung eines außerschulischen Lernortes mit dem Chemieunterricht. *MNU* (im Druck).
- Köhnlein, W. (2015). Aufgaben und Ziele des Sachunterrichts. In J. Kahlert, M. Fölling-Albers, M. Götz, A. Hartinger, S. Miller, & S. Wittkowske (Hrsg.) *Handbuch Didaktik des Sachunterrichts* (S. 88–97). Bad Heilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt.
- Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen (Hrsg.). (2008). *Richtlinien und Lehrpläne für die Grundschule in Nordrhein-Westfalen*. Frechen: Ritterbach.
- Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen (2013). *Kernlehrplan für die Gesamtschule – Sekundarstufe I in Nordrhein-Westfalen: Naturwissenschaften Biologie, Chemie, Physik*. [www.schulentwicklung.nrw.de/lehrplaene/ upload/klp_SI/GE/NW/KLP_GE_NW.pdf](http://www.schulentwicklung.nrw.de/lehrplaene/upload/klp_SI/GE/NW/KLP_GE_NW.pdf) (27.04.2018)
- Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen (2014). *Kernlehrplan für die Sekundarstufe II Gymnasium/Gesamtschule in Nordrhein-Westfalen: Chemie*. www.schulentwicklung.nrw.de/lehrplaene/upload/klp_SII/ch/KLP_GOSt_Chemie.pdf (27.04.2018)
- Mutschler, E., Geisslinger, G., Kroemer, H. K., Menzel, S., & Ruth, P. (2013). *Mutschler Arzneimittelwirkungen: Lehrbuch der Pharmakologie, der klinischen Pharmakologie und Toxikologie*. Stuttgart: WVG Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft.
- Pfeifer, P., Schaffer, S., & Sommer, K. (2011). Schülerexperimente im Unterricht – Auswahlkriterien und Beispiele. *Naturwissenschaften im Unterricht Chemie*, 23(126), 2–9.
- Reich, K. (Hg.). (2003). *Methodenpool – Quiz und Rätsel*. http://methodenpool.uni-koeln.de/download/quiz_raetsel.pdf (27.04.2018)
- Textor, A., & Niesträd, D. (2015). *Einführung in die Inklusionspädagogik*. Bad Heilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt.

Prof. Dr. Katharina Groß hat von 2003 bis 2009 an der Universität zu Köln und an der Deutschen Sporthochschule Köln die Fächer Chemie und Sport auf Lehramt für Gymnasien und Gesamtschulen studiert. Nach ihrem ersten Staatsexamen hat sie 2013 in der Chemiedidaktik an der Universität zu Köln bei Prof. Dr. Ch. S. Reiners promoviert und 2014 ihr zweites Staatsexamen abgelegt. Bis zu ihrer Berufung 2016 als Juniorprofessorin für Naturwissenschaftsdidaktik mit dem Schwerpunkt Sonderpädagogik an der Universität zu Köln war sie als Dozentin für das Praxissemester im Fach Chemie für alle Schulformen sowie an einem Kölner Gymnasium tätig. Seit 2018 ist sie Universitätsprofessorin für Didaktik der Chemie an der Universität Wien.



Prof. Dr. Katharina Groß
Universität Wien
Institut für Didaktik der experimentellen Chemie
Sensengasse 8/ TOP 7
A-1090 Wien
katharina.gross@univie.ac.at

Dr. Andrea Schumacher hat von 2004 bis 2009 an der Universität zu Köln die Fächer Chemie und Biologie auf Lehramt für Gymnasien und Gesamtschulen studiert. Nach der Promotion in der Chemiedidaktik an der Universität zu Köln bei Prof. Dr. Ch. S. Reiners im Jahr 2014 hat sie 2016 ihr zweites Staatsexamen abgelegt. Seit 2017 ist sie sowohl Lehrerin an einem Gymnasium als auch Dozentin für das Praxissemester Chemie an der Universität zu Köln.



Dr. Andrea Schumacher
Universität zu Köln
Institut für Chemiedidaktik
Herbert-Lewin-Str. 2
50931 Köln
andrea.schumacher@uni-koeln.de

Nature of Science Aspects for School Students and Science Teachers: A Developmental Framework

Fouad Abd-El-Khalick and John Y. Myers

Abstract:

This chapter outlines directions in which NOS research might continue to help improve students' and teachers' NOS understandings. Specifically, we propose and delineate a developmental, explicit-reflective framework for addressing NOS in science education. This developmental framework provides a sense of the extent of detail and depth at which a set of interrelated NOS aspect might be addressed in science curriculum, instruction, and reflection in elementary school, secondary school, and teacher education. An additional NOS aspect about the nature and role of assumptions in science is added to prior iterations of this developmental framework.

Keywords:

nature of science, developmental framework, scientific assumptions

1 Introduction

For the past 60 years, the teaching and learning of nature of science (NOS) has held key placement among major reform documents in precollege science education both in the United States (e.g., American Association for the Advancement of Science [AAAS], 1971, 1990, 1993; Next Generation Science Standards [NGSS] Lead States, 2013) and around the globe (e.g., United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, 1993; Department of Education, 2002). Science education researchers have developed and advanced large-scale lines of research aimed at assessing students' and teachers' NOS understandings (e.g., Abd-El-Khalick & Lederman, 2000a; see also Abd-El-Khalick, 2014); examining the effectiveness of various curricula and pedagogies aimed at improving these understandings (e.g., Abd-El-Khalick et al., 2017); and exploring diverse influences, approaches, and methods that promote the translation of science teachers' NOS understandings into actual pedagogical practices (e.g., Wahbeh & Abd-El-Khalick, 2014). Still, there is need for large-scale, cross-national efforts and empirical investigations to bolster and extend the current, localized lines of evidence, which have documented the impact of these long-established and extensive lines of research and reform efforts. In

particular, there is need to examine, first, the long-term retention of NOS understandings among learners and, second, the extent to which current efforts and impacts are scalable around the globe. This is especially the case given that studies continue to indicate that, across a number of nations, precollege students (Kang, Scharmann, & Noh, 2005; Khishfe & Abd-El-Khalick, 2002), undergraduate students (Ibrahim, Buffler, & Lubben, 2009), graduate students (Myers & Abd-El-Khalick, 2016), and teachers (Dogan & Abd-El-Khalick, 2008) continue to hold naïve NOS views. Further, recent research demonstrates that pre-service and in-service science teachers who actually hold informed NOS understandings continue to struggle with translating these views into aligned pedagogical practices (Abd-El-Khalick & Akerson, 2004; Wahbeh & Abd-El-Khalick, 2014). Thus, research must persist to continue to improve and test ways of informing and retaining students' and teachers' NOS views.

Yet, a first order question is: What NOS understandings should be targeted in our efforts? Here, we propose and delineate a developmental, explicit-reflective framework for addressing NOS in science education, much like was presented by Abd-El-Khalick (2012a, 2012b). This framework provides a sense of the extent of detail and depth at which a set of interrelated NOS aspects might be addressed in science curriculum, instruction, and reflection in elementary school, secondary school, and teacher education. An additional NOS aspect regarding the nature and role of assumptions in science, as introduced by Myers and Abd-El-Khalick (2016), is added to prior iterations of this developmental framework.

2 A Developmental Explicit-Reflective Framework for Learning about NOS

For the past quarter century, NOS has typically been defined as “science as a way of knowing” or “the values and assumptions inherent to the development of scientific knowledge” (Lederman, 1992, p. 331). We maintain this meaning and propose 11 aspects, instead of the usual 10 (Abd-El-Khalick, 2012a), that might summarily outline a “shared wisdom” (Lederman, Abd-El-Khalick, Bell, & Schwartz, 2002, p. 499) regarding the characteristics of NOS while retaining relevance to precollege science education. We do not claim that these 11 aspects are *the* NOS. This assertion would disregard, for example, ongoing disputes between empiricists (e.g., van Fraassen, 1998) and realists (e.g.,

Musgrave, 1998) regarding the ontology of entities within the ever-changing scientific worldview and, even more esoterically, standard (Miller, 2006; Muller, 2008) vs. aim-oriented empiricists (Maxwell, 1999, 2009) about the scope of necessity of metaphysical assumptions for producing scientific knowledge. Also, we maintain that these 11 aspects are just as tentative as the scientific knowledge they characterize.

Briefly, the consensus-based, 10 interrelated aspects of NOS include the empirical, inferential, creative, theory-laden, tentative, and social NOS, along with the nature and role of scientific theories and laws, the social and cultural embeddedness of science, and the myth of some kind of a “Scientific Method” with which all science is practiced (e.g., Abd-El-Khalick, 2012a). We add an 11th aspect because, in a recent study by Myers and Abd-El-Khalick (2016), almost all doctoral student participants, upon watching a sci-fi film, surmised that assumptions made in science, on which all of scientific knowledge rests, are fundamentally based on faith, or belief without evidence. The contention that assumptions made in science are solely based on faith is unfounded. Thus, the present developmental, explicit-reflective NOS framework includes an additional aspect on scientific assumptions. (For a visual representation of the framework, see Abd-El-Khalick 2012a, 2012b, 2014.) Interestingly, scientific assumptions were included in earlier NOS models in science education in the 1960s and 70s, but were later dropped from several such models (see Abd-El-Khalick, 2014).

The present framework is a prototype, a model, which requires further development and is, by no means, intended to be comprehensive. The levels of detail, depth and sophistication of the NOS aspects in this framework, we should note, are not systemically derived, as would be the case in an empirically-based learning progression. These levels are pieced together from three recent decades worth of empirical studies that attempted to improve school students’ and science teachers’ NOS views (see Lederman & Lederman, 2014). We encourage future empirical study of the developmental appropriateness of the curricular dimensions of the NOS aspects proposed here, especially in the case of elementary and secondary school students.

2.1 Empirical NOS

Elementary school. Elementary students should learn that science requires evidence. Evidence comprises an observation or group of observations that support an inference about the natural world (see inferential NOS). Observations are made by using

various tools and technologies, like microscopes and barometers. Scientists can then recognize patterns within their observations, thus helping them find order and make more accurate predictions about the natural world (see NGSS Lead States, 2013, Appendix H, p. 5, Grades K-5).

Secondary school. The level of complexity for the empirical NOS should increase for secondary school students, particularly to emphasize that the relationship between evidence and the scientific claims it supports is indirect. Indeed, the link between empirical observations and claims to scientific knowledge is always filtered through the subjective “human perceptual apparatus” (Abd-El-Khalick, 2012a, p. 357). Secondary school students should further reflect on the interconnectedness of the empirical NOS with other aspects, especially the theory-laden NOS. Empirically based claims are always mediated by, and interpreted from within, complex theoretical frameworks, paradigms (Kuhn, 1962/1996), and/or research programmes (Lakatos, 1978), even down to implicit assumptions inherent to the supposed utility of instruments and measures used to derive observations.

Teacher education. For teacher education students, the empirical NOS should be problematized to the level of controversy. That is, future teachers should be exposed to and reflect upon conflicting points of view as to the nuances, for example, of what demarcates science from other modes of inquiry, like philosophy, religion, and pseudoscience. Indeed, students, even doctoral students (Myers & Abd-El-Khalick, 2016), continue to conflate the empirical characteristics of science with other modes inquiry. Deeper discussions, too, of the problems of Bacon’s (1620/1996) induction and Popper’s (1959/1992) falsificationism, in addition to Duhem’s (1954) good sense and Kuhn’s (1977) value judgment, when debating, for instance, how theories are chosen in science or which observations “count” as evidence in support of theory, might also help fortify more informed understandings of the empirical NOS.

2.2 Inferential NOS

Elementary school. The inferential NOS should tie with the empirical NOS, even at the elementary school level. Students should learn that scientists make inferences about parts of the world that they cannot observe, and that inferences are different from, but are based upon, observations. The existence of dinosaurs, for example—what they looked like, when they existed, how they went extinct—is an ideal subject area for elementary students

to reflect upon the difference between observation (e.g., finding a fossil) and inference (e.g., claiming that the fossil belonged to a dinosaur).

Secondary school. Secondary school students should learn that scientists rarely have direct observational contact with most natural phenomena, and that most scientific constructs, like the posited existence and characteristics of atoms and gravity, are inferential. Such constructs cannot be directly measured; only their effects and manifestations can (Abd-El-Khalick, 2012a). Further, secondary school students should reflect upon the interrelatedness between the inferential and tentative NOS. All types of scientific knowledge, including inferences, are tentative and subject to change in light of new evidence and/or reinterpretation of existing evidence (NGSS Lead States, 2013, Appendix H, p. 5, Grades 6-12).

Teacher education. Teacher education students should deeply reflect upon and discuss the philosophical controversies of the inferential NOS to illuminate and ameliorate conflicting ideas and idiosyncrasies in their own understandings. Such reflection might include, for example, the abovementioned debates between empiricists (e.g., van Fraassen, 1998) and realists (e.g., Musgrave, 1998) regarding the status of inferential entities posited by scientists, like those from the atomic and subatomic variety, especially from different scientific paradigms. From history of science, teacher education students can also debate the scientific status of, at the time, unobservable entities, like “germs,” when they were merely viewed as *facons de parler*, or “convenient fictions” (Curd & Cover, 1998, p. 1053).

2.3 Creative NOS

Elementary school. Students at the elementary school level should learn that “creativity and imagination are important to science” (NGSS Lead States, 2013, Appendix H, p. 6, Grades K-5). Students, as mentioned later as well, should *not* use the infamous, recipe-like, stepwise procedure commonly referred to as the “Scientific Method” (Abd-El-Khalick, 2012a) when doing science, as using this oversimplified routine squelches creativity and restricts student thinking into a narrow and incomplete range of systematized scientific practices. In all aspects of scientific inquiry, students should understand that creativity always plays an important role.

Secondary school. Beyond elementary school, students should learn and reflect upon how creativity is used at all stages of scientific investigation. Indeed, the invention of

theories, inferential entities, and explanations requires creativity and imagination just as much as the designing of studies and collection of data. Further, science should not be boiled down to a solely logical, rational series of practices, as is often promoted at science fairs. Secondary school students should also connect the creative NOS with other aspects, particularly the theory-laden NOS and social and cultural embeddedness of science, when considering how backgrounds and theoretical commitments of scientists influence their creativity.

Teacher education. Students in teacher education might reflect upon and discuss the histories of logicism, logical positivism, instrumentalism, and empiricism (Curd & Cover, 1998), and how these philosophies proliferated the erroneous view of science as consisting of solely hypothetico-deductive and/or inductive reasoning (Godfrey-Smith, 2003). Students could also debate how creativity arises in science, along with what facilitated or inspired it in case histories of prominent scientists in order to develop grounded understandings of this NOS aspect.

2.4 Theory-Laden NOS

Elementary school. The theory-laden NOS should relate with the empirical NOS beginning with elementary school students. That is, theories and background experiences always influence scientific investigations and the observations inherent to them (Abd-El-Khalick, 2012a). Students can live this aspect as well. For example, after a series of lessons involving dinosaurs, students might be presented with a sharp tooth with which to make observations and infer its origin. Students might automatically infer the tooth came from a fossilized dinosaur given their recent lessons, but perhaps it came from the skeleton of a modern shark!

Secondary school. Complexity regarding the theory-laden NOS should increase in secondary school, specifically concerning how scientists' disciplinary commitments and theoretical backgrounds influence the choice of phenomena that they decide to investigate, in addition to their research methods, observations, and interpretations of such observations (Abd-El-Khalick, 2012a). Further, it would be prudent for secondary school students to reflect upon and debate the extent to which observations are influenced and motivated by particular theoretical perspectives, human perceptual faculties, and tacit assumptions underlying the apparent utility of scientific instruments—all of which relate with the empirical NOS.

Teacher education. The theory-laden NOS should be problematized with teacher education students. Students might debate the question, “Is theory ladenness significant beyond situations where the evidence lays at the very edge of the human perceptual apparatus and/or observational instruments?” (Abd-El-Khalick, 2012a, p. 361). Discussion of coherentism, too, which contends that science, or any knowledge base, works as an interlocking web of beliefs that all mutually support each other (Zagzebski, 2009), might be problematized by debating the “accuracy” of mutually supportive claims to scientific knowledge with respect to crises, revolutions, and paradigm shifts that repeatedly occur in science (Kuhn, 1962/1996), thus linking the theory-laden NOS with the tentative NOS.

2.5 Tentative NOS

Elementary school. All students down to the elementary level should learn that “science knowledge can change when new information is found” (NGSS Lead States, 2013, Appendix H, p. 5, Grades K-5). Indeed, as elementary school students learn the difference between fact and opinion, they should also learn that facts, like all scientific knowledge, are subject to change (not that they necessarily will). Students at this level can experience and reflect upon some extent of the tentative NOS while making inferences that continually change during an ongoing inquiry activity, especially in light of new evidence.

Secondary school. Secondary students should connect the tentative NOS with the empirical and theory-laden NOS, particularly regarding that “scientific knowledge is expanded, revised, or rejected because of two fundamental reasons: (1) New evidence is brought to bear (empirical NOS), and/or (2) existing evidence is reinterpreted in light of theoretical advances (theory-laden NOS)” (Abd-El-Khalick, 2012a, p. 361). Students should also discuss the manners in which scientific knowledge can change. Indeed, scientific knowledge can be expanded through accretion. It can also be completely rejected and exchanged with new knowledge.

Teacher education. The manners in which scientific knowledge can change should be problematized to a controversial degree with teacher education students to better reflect ongoing debates about the tentative NOS in history, philosophy, and sociology of science communities. That is, students should debate “whether scientific knowledge grows by accretion (commensurable across theoretical frames) or through paradigmatic shifts (incommensurable across theoretical frames)” (Abd-El-Khalick, 2012a, p. 361), like Kuhn (1962/1996) argued in *The Structure of Scientific Revolutions*. Indeed, Kuhn maintained

that the more carefully historians of science study “Aristotelian dynamics, phlogistic chemistry, or caloric thermodynamics [obsolete paradigms], the more certain they feel that those once current views of nature were, as a whole, neither less scientific nor more the product of human idiosyncrasy than those current today” (p. 2). Students can further debate and problematize this point of view via Laudan’s (1981) notion of pessimistic meta-induction against scientific realism, which argues that scientists have no justifiable reason to believe that scientific knowledge in any way accurately reflects, or even approximates, the real world. This belief is contingent on Laudan’s premise that “successful” scientific knowledge has been, and continues to be, falsified. Thus, there appears to be no end to such revisions and revolutionary paradigmatic shifts in scientific knowledge.

2.6 Myth of „The Scientific Method“

Elementary school. Students at all levels should learn that “scientists use different ways to study the world” (NGSS Lead States, 2013, Appendix H, p. 5, Grades K-5) and that science is not summed up by a recipe-like, stepwise formula called “The Scientific Method” (Abd-El-Khalick, 2012a). Teaching and using the scientific method undermines the creative NOS and, further, is just a false representation of science. Elementary school students should both explicitly learn this NOS aspect and be free to approach inquiry activities using various science practices and methods in no particular order, or as situationally appropriate.

Secondary school. Students at the secondary level should explicitly learn that scientists “observe, compare, measure, test, speculate, hypothesize, debate, create ideas and conceptual tools, and construct theories and explanations,” among many other scientific practices, but that “there is no single sequence of practical, conceptual, or logical (e.g., inductive, deductive, hypothetico-deductive) activities that will unerringly lead them to valid claims, let alone ‘certain’ knowledge” (Abd-El-Khalick, 2012a, p. 358). This latter idea links the “myth of the scientific method” aspect with the tentative and creative NOS aspects.

Teacher education. There are various methods and forms of reasoning used in science, and teacher education students should not only learn them but also problematize these approaches and the knowledge that they supposedly produce. For example, do inductive, deductive, hypothetico-deductive, and abductive forms of reasoning yield similar statuses of knowledge in science? Teacher education students should struggle with

defining scientific knowledge and how it is produced, which should necessarily link with all NOS aspects, especially the social NOS discussed later.

2.7 Scientific Assumptions

Elementary school. As the NGSS Lead States (2013) recommend, elementary school students should learn about the fundamental assumptions underlying science. These include that: “Science assumes natural events happen today as they happened in the past; many events are repeated; science assumes consistent patterns in natural systems; [and] basic laws of nature are the same everywhere in the universe” (Appendix H, p. 5, Grades K-5). Beyond illuminating what these fundamental assumptions are, however, elementary students might not yet be developmentally prepared to learn about the nature and role of scientific assumptions.

Secondary school. Students at the secondary level should learn and reflect upon the nature of scientific assumptions. A scientific assumption is a propositional and empirically based claim that, through induction, is tentatively taken for granted (cf. Ennis, 1982). Scientific assumptions are the foundation for all scientific knowledge, and they can be directly or indirectly substantiated and, for all intents and purposes, rejected due to their empirical nature, unlike faith-based assumptions made in, say, religion (Delin, Chittleborough, & Delin, 1994; Maxwell, 1999). The inductive nature of scientific assumptions is inherently linked to the inferential NOS, and secondary students should reflect upon and discuss this interrelatedness, especially concerning how scientific assumptions are derived. Regarding a scientific assumption like, “the world is understandable” (AAAS, 1990), scientists empirically know that at least some measure of the world is understandable (e.g., being able to explain and predict the motions of the planets in our Solar System). If some measure of the world is understandable, it follows that the world itself, through induction, is *likely* understandable. Proceeding from this inductive, inferential claim (that the world is likely understandable), scientists can then formulate the scientific assumption that the world is, indeed, understandable. They do not know that the world is understandable, but, again, they assume that it is, for good (empirical) reason. This scientific assumption is an empirically based claim that is tentatively taken for granted until established otherwise—just the same as most claims to scientific knowledge, which reflects the tentative NOS (Myers & Abd-El-Khalick, 2016).

Teacher education. After reflecting upon and discussing the nature of scientific

assumptions, future teachers should debate and problematize what they believe is the role of assumptions in science. They might find that science requires assumptions to be a coherent system of knowing (see “coherentism” above under theory-laden NOS). Considering again the scientific assumption, “the world is understandable” (AAAS, 1990): If it were not understandable (i.e., if it were some manner of a whimsical world), then science would lose its ability to explain and predict natural phenomena, because there would be no telling what sorts of metaphysical, capricious forces (e.g., spirits) might violate what physicists characterize as predictable laws of nature. Fortunately, there is not empirical evidence to suggest that the world is whimsical. Thus, scientists can safely maintain the scientific assumption that the world is understandable since it, like other scientific assumptions, continues to fulfill its role upholding the integrity of science as a coherent system of knowing (see Myers & Abd-El-Khalick, 2016 for further details).

2.8 Scientific Theories

Elementary school. At the very basic of levels, elementary students should be able to differentiate between the colloquial sense of “theory,” which corresponds with mere opinion or speculation, and a scientific theory, which is “based on a body of evidence and many tests” (NGSS Lead States, 2013, Appendix H, p. 5, Grades K-5). Students should also discuss how scientific theories explain and predict phenomena that occur in the world. For example, the theory of Plate Tectonics can explain why volcanoes exist where they are, and predict which volcanoes are more likely to erupt in the near future (NGSS Lead States, 2013, ESS2.B).

Secondary school. The complexity of scientific theories should increase for secondary students, particularly regarding how theories are “well-established, highly substantiated, internally consistent systems of explanation, which (a) account for large sets of seemingly unrelated observations in several fields of investigation, (b) generate research questions and problems, and (c) guide future investigations” (Abd-El-Khalick, 2012a, p. 358). Further, theories interrelate with the creative and inferential NOS, along with scientific assumptions, particularly regarding the necessity of assumptions and axioms to postulate non-observable entities. Lastly, secondary level students should reflect upon and debate how, unlike hypotheses, which are mere tentative explanations (Gyllenpalm & Per-Olof, 2011), scientific theories can only be indirectly tested and substantiated over time to validate their explanations and predictions.

Teacher education. Scientific theories should be problematized to a controversial degree for teacher education students, especially regarding the nature(s) of scientific explanation. Such conflicting accounts of scientific explanations as cornerstones of scientific theories include, but are not limited to, Salmon's (1971) statistical relevance model, Salmon's (1984) causal mechanical model, and Kitcher's (1989) unificationist account. Future teachers can locate discrepancies within these accounts and debate which model of scientific explanation they believe best corresponds with how scientific theories behave to further strengthen their NOS understandings. Concurrently, teacher education students should discuss scientific theories in relation to how and why they change (tentative NOS), as well as how they exist within paradigms and research programmes (theory-laden NOS).

2.9 Scientific Laws

Elementary school. Students at all levels, including elementary school, should be able to differentiate scientific laws from scientific theories. Indeed, scientific theories do not eventually become scientific laws, and vice versa; they are two different types of scientific knowledge. "Scientists search for cause and effect relationships to [characterize] natural events" (NGSS Lead States, 2013, Appendix H, p. 5, Grades K-5), and elementary school students should learn that scientific laws *describe* such relationships between natural events.

Secondary school. Adding to the complexity of the relationship between theories and laws, secondary students should discuss how these different kinds of knowledge hold distinctive functions, and scientific theories are just as valid and vital in science as scientific laws (Abd-El-Khalick, 2012a). Scientific laws are claims, often taking the form of mathematical formulations, that describe how observable phenomena and their properties interrelate. Students should further discuss the relationship of laws with the tentative NOS, specifically regarding how even laws are neither absolute nor certain. Rather, laws are subject to change like all scientific knowledge, and they are not universal, at least outside the limits of their specified conditions.

Teacher education. Scientific laws have been viewed by philosophers and historians of science in several ways, and science teachers should debate these perspectives and their controversial natures. For example, some philosophers view scientific laws via the necessitarian approach (Curd & Cover, 1998), which indicates that laws "tell us not

merely how things actually behave, but, more importantly, how they must behave” (p. 805). This approach necessitates absolute certainty, which teacher education students might reason has no place describing knowledge, especially in light of Kuhn (1962/1996). Such a view of laws might even have scientists and laypeople alike believing that scientific laws hold some sort of divine “command [of nature] which is impossible to disobey” (Curd & Cover, 1998, p. 810), and the hubris of Isaac Newton’s inverse-square law of universal gravitation, which has since been superseded by Einstein’s theory of general relativity, is a reminder of human fallibility and cautionary tale to those who might view the scientific law as some sort of “command” that must be obeyed. The inescapable tentative nature of laws might lend greater credence for viewing these via the regularity approach, which maintains that laws describe the way phenomena seem to behave, or that they are a kind of descriptive summary of what has happened under particular conditions and will (presumably) continue to happen under the same conditions.

2.10 Social Dimensions of Science

Elementary school. The social NOS often goes overlooked in science education, as the aspect is nonexistent in most reforms and standards (e.g., missing in NGSS Lead States, 2013). Starting at the elementary level, students should at minimum learn that “different groups of scientists contribute to the development of scientific knowledge” (Abd-El-Khalick, 2012a, p. 362). Indeed, teachers should address the erroneous stereotype of the “lone scientist” or “mad scientist/genius” (Frayling, 2005) among elementary school students, both of which are inaccurate descriptions of how modern scientific knowledge is produced.

Secondary school. The social negotiation of scientific knowledge via well-established platforms of communication and criticism, like academic conferences and double-blind peer-review journals, should be explicitly discussed with secondary students. Students at this level can debate the extent to which the collective scrutiny of scientists’ idiosyncrasies, subjectivities, and provisional claims to knowledge enhances the objectivity of published scientific knowledge. Students can also debate the strengths and weaknesses of social negotiation of knowledge occurring typically or solely within scientists’ respective paradigms, research programmes, and/or theoretical “spheres,” along with the assumptions and backgrounds that come with them (theory-laden), without of course regressing to relativistic views of science.

Teacher education. The problems of the social NOS—particularly in relation to the tentative, theory-laden, and empirical NOS—should be reflected upon and debated by student teachers. Historical case studies can enrich such discussion. For example, the existence of oxygen was mislabeled as more familiar substances (fire air, dephlogisticated air, etc.) at least three times during “discoveries” within confident social circles of chemists (Gernert, 2009). Also, as Abd-El-Khalick (2012a) stated, “Debates continue about the viability of social constructionist conceptions in accounting for science’s success in the absence of ‘realist’ conceptions” (p. 361), which spirals back to Kuhn’s (1962/1996) and Laudan’s (1981) perspectives on tentative NOS.

2.11 Social and Cultural Embeddedness of Science

Elementary school. Starting at elementary school, students should learn that scientists are “men and women of diverse backgrounds” (NGSS Lead States, 2013, Appendix H, p. 6, Grades K-5) and that *who* scientists are affects how science is done. Indeed, science always is “a human enterprise embedded and practiced in the context of a larger cultural milieu” (Abd-El-Khalick, 2012a, p. 358). Likewise, students should learn that people outside of science (e.g., in government, media, religious organizations) also influence science, particularly regarding what topics are funded and studied, as well as the what extent to which these topics are studied.

Secondary school and teacher education. Secondary students and future science teachers should deeply reflect upon and discuss how “science affects and is affected by various cultural elements and spheres, including social fabric, worldview, power structures, philosophy, religion, and political and economic factors” (Abd-El-Khalick, 2012a, p. 358). Stories in mass media and case histories about the interactions of science and society should be shared and examined, particularly focusing on how public and private funding of research largely dictates how science advances (and does not advance). Students should further link the social and cultural embeddedness of science with the theory-laden NOS, especially regarding how scientists’ cultural and disciplinary “backgrounds, theoretical commitments, and fields of endeavor influence the nature [and interpretation] of their findings [and explanations]” (NGSS Lead States, 2013, Appendix H, p. 6, Grades 6-12).

3 Conclusion

We again stress that the developmental framework presented here is not empirically derived or comprehensive. Still, we hope it can serve as a guide to offer direction and unification to future research efforts on NOS in science education. Specifically, we hope that the framework might help accomplish two goals. First, improve the translation of teachers' understandings of NOS into classroom practice by offering more guidance about the levels at which teachers need to understand NOS themselves, and the levels at which they might address NOS with their students (highlighting the major differences between the proposed levels of sophistication for teachers vs. their students). Second, help increase the retention of NOS understandings that precollege students might achieve by spiraling them back to important NOS aspects throughout elementary and secondary school and gradually increasing the level of depth and complexity with which these aspects are approached. To accomplish these goals, it is imperative that NOS researchers kick start future empirical study into the developmental appropriateness of the curriculum, instruction, and reflection of NOS that might occur in various contexts at the levels of elementary school, secondary school, and science teacher education.

References

- Abd-El-Khalick, F. (2012a). Examining the sources for our understandings about science: Enduring confluences and critical issues in research on nature of science in science education. *International Journal of Science Education*, 34, 353-374.
- Abd-El-Khalick, F. (2012b). Nature of science in science education: Toward a coherent framework for synergistic research and development. In B. J. Fraser, K. G. Tobin, & C. J. McRobbie (Eds.), *Second international handbook of science education* (pp. 1041-1060). London, United Kingdom: Springer.
- Abd-El-Khalick, F. (2014). The evolving landscape related to assessment of nature of science. In N. G. Lederman & S. K. Abell (Eds.), *Handbook of research on science education* (2nd ed.) (pp. 621-650). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Abd-El-Khalick, F., & Akerson, V. L. (2004). Learning about nature of science as conceptual change: Factors that mediate the development of preservice elementary teachers' views of nature of science. *Science Education*, 88, 785-810.

- Abd-El-Khalick, F., & Lederman, N. G. (2000a). The influence of history of science courses on students' views of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 37, 1057-1095.
- Abd-El-Khalick, F., & Lederman, N. G. (2000b). Improving science teachers' conceptions of the nature of science: A critical review of the literature. *International Journal of Science Education*, 22, 665-701.
- Abd-El-Khalick, F., Myers, J. Y., Summer, R., Brunner, J., Waight, N., Wahbeh, N., Zeineddin, A. A., & Belarmino, J. (2017). A longitudinal analysis of the extent and manner of representations of nature of science in U.S. high school biology and physics textbooks. *Journal of Research in Science Teaching*, 54, 82-120.
- American Association for the Advancement of Science. (1971). *A guide to inservice instruction*. Lexington, MA: Xerox Education Services.
- American Association for the Advancement of Science. (1990). *Science for all Americans*. New York, NY: Oxford University Press.
- American Association for the Advancement of Science. (1993). *Benchmarks for science literacy*. New York, NY: Oxford University Press.
- Bacon, F. (1996). *Novum organum*. In P. Urbach, & J. Gibson (Eds.), Francis Bacon (pp. 33-293). Chicago, IL: Open Court. (First published 1620).
- Curd, M., & Cover, J. A. (1998). *Philosophy of science: The central issues*. New York, NY: W. W. Norton & Company, Inc.
- Delin, P. S., Chittleborough, P., & Delin, C. R. (1994). What is an assumption? *Informal Logic*, 16, 115-122.
- Department of Education. (2002). *Revised national curriculum statement for grades 8-9 schools*. Pretoria, South Africa: Department of Education.
- Dogan, N., & Abd-El-Khalick, F. (2008). Turkish grade 10 students' and science teachers' conceptions of nature of science: A national study. *Journal of Research in Science Teaching*, 45, 1083-1112.
- Duhem, P. (1954). *The aim and structure of physical theory*. (P. P. Wiener, Trans). Princeton, NJ: Princeton University Press. (Original work published 1904-5).
- Ennis, R. H. (1982). Identifying implicit assumptions. *Synthese*, 51, 61-86.
- Gernert, D. (2009). Ockham's razor and its improper use. *Cognitive Systems*, 7, 133-138.
- Godfrey-Smith, P. (2003). *Theory and reality: An introduction to the philosophy of science*. Chicago, IL: University of Chicago Press.

- Gyllenpalm, J., & Per-Olof, W. (2011). The uses of the term hypothesis and the inquiry emphasis conflation in science teacher education. *International Journal of Science Education*, 33, 1993-2015.
- Ibrahim, B., Buffler, A., & Lubben, F. (2009). Profiles of freshman physics students' views on the nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 46, 248-264.
- Kang, S., Scharmann, L. C., & Noh, T. (2005). Examining students' views on the nature of science: Results from Korean 6th, 8th, and 10th graders. *Science Education*, 89, 314-334.
- Kitcher, P. (1989). Explanatory unification and the causal structure of the world. In P. Kitcher & W. Salmon (Eds.), *Scientific explanation* (pp. 410-505). Minneapolis, MN: University of Minnesota Press.
- Kuhn, T. S. (1977). *The essential tension: Selected studies in scientific tradition and change*. Chicago, IL: The University of Chicago Press.
- Kuhn, T. S. (1996). *The structure of scientific revolutions* (3rd ed.). Chicago, IL: The University of Chicago Press. (First published 1962).
- Lakatos, I. (1978). *The methodology of scientific research programmes* (Vol. 1). Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Laudan, L. (1981). A confutation of convergent realism. *Philosophy of Science*, 48(1), 19-49.
- Lederman, N. G. (1992). Students' and teachers' conceptions of the nature of science: A review of the research. *Journal of Research in Science Teaching*, 29, 331-359.
- Lederman, N. G., Abd-El-Khalick, F., Bell, R. L., & Schwartz, R. S. (2002). Views of nature of science questionnaire: Toward valid and meaningful assessment of learners' conceptions of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39, 497-521.
- Lederman, N. G., & Lederman, J. (2014). Research on teaching and learning of nature of science. In N. G. Lederman & S. K. Abell (Eds.), *Handbook of research on science education* (Vol. 2) (pp. 600-620). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Maxwell, N. (1999). Has science established that the universe is comprehensible? *Cogito*, 13, 139-145.
- Maxwell, N. (2009). Muller's critique of the argument from aim-oriented empiricism. *Journal of General Philosophy of Science*, 40, 103-114.
- Miller, D. (2006). *Out of error: Further essays on critical rationalism*. Farnham: UK: Ashgate Publishing.
- Muller, F. A. (2008). In defence of constructive empiricism: Maxwell's master argument and aberrant theories. *Journal of General Philosophy of Science*, 39, 131-156.

- Musgrave, A. (1998). Realism versus constructive empiricism. In M. Curd & J. A. Cover (Eds.), *Philosophy of science: The central issues* (pp. 1088-1113). New York, NY: W. W. Norton & Company, Inc.
- Myers, J. Y., & Abd-El-Khalick, F. (2016). "A ton of faith in science!" Nature and role of assumptions in, and ideas about, science and epistemology generated upon watching a sci-fi film. *Journal of Research in Science Teaching*, 53, 1143-1171.
- Next Generation Science Standards Lead States. (2013). *Next generation science standards: For states, by states*. Washington, DC: The National Academies Press.
- Popper, K. R. (1992). *The logic of scientific discovery* (reprint edition). New York, NY: Routledge. (First published 1959 by Hutchinson Education, first appeared 1934).
- Salmon, W. (1971). Statistical explanation. In W. Salmon (Ed.), *Statistical explanation and statistical relevance* (pp. 29-87). Pittsburgh, PA: University of Pittsburgh Press.
- Salmon, W. (1984). *Scientific explanation and the causal structure of the world*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. (1993). *International forum on scientific and technological literacy for all: Final report*. Paris, France: UNESCO.
- van Fraassen, B. C. (1998). Arguments concerning scientific realism. In M. Curd & J. A. Cover (Eds.), *Philosophy of science: The central issues* (pp. 1064-1087). New York, NY: W. W. Norton & Company, Inc.
- Wahbeh, N., & Abd-El-Khalick, F. (2014). Revisiting the translation of nature of science understandings into instructional practice: Teachers' nature of science pedagogical content knowledge. *International Journal of Science Education*, 36, 425-466.
- Zagzebski, L. (2009). *On epistemology*. Belmont, CA: Wadsworth.

Fouad Abd-El-Khalick is Professor and Dean of the School of Education at the University of North Carolina at Chapel Hill, USA. His research focuses on the teaching and learning about nature of science in precollege grades, and in preservice and inservice science teacher education. Currently, he is Co-Editor of the Journal of Research in Science Teaching (2015–2019). In 2011, he was elected as Fellow of the American Association for the Advancement of Science for, according to AAAS, “his outstanding research on teachers’ and students’ conceptions of the nature of science that helped provide a foundation for this field of research.”



Prof. Dr. Fouad Abd-El-Khalick
Dean and Professor
School of Education
101 Peabody Hall, CB 3500
The University of North Carolina at Chapel Hill
Chapel Hill, NC 27599-3500
fouad@unc.edu

John Y. Myers is a Ph.D. candidate in the Mathematics, Science, and Engineering Division of the Department of Curriculum and Instruction, College of Education, University of Illinois at Urbana-Champaign. He is an editorial associate for the Journal of Research in Science Teaching and quality control editor for the American Journal Experts at Research Square. Myers is a passionate reader, viewer, and writer of science fiction. His dissertation focuses on identifying factors accounting for why students experience scientific portrayals in science fiction films as realistic or unrealistic.



John Y. Myers
University of Illinois at Urbana-Champaign
311 Education MC-708
1310 S. 6th St.
Champaign, IL 61820
jymyers2@illinois.edu

Natur als Diskussionsgegenstand der naturwissenschaftlichen Fachdidaktiken

Mareike Frevert, David-Samuel Di Fuccia

Zusammenfassung:

Geht es um Bildung in den Naturwissenschaften, so ist das Subjekt (der Lernende) häufig definiert und die Dimensionen seines Denkens und Handelns werden in und durch die Fachdidaktik weitreichend beforscht. Doch gibt es neben diesem Subjekt, welches ins Zentrum des naturwissenschaftlichen Handelns gestellt wird, ebenso die Dimension dessen, worauf es seine Aufmerksamkeit richtet. In diesem Beitrag soll es um dieses vermeintliche Objekt der Naturwissenschaften – die Natur – gehen. Was ist überhaupt diese „Natur“, die von der Wissenschaft umfangreich untersucht und auf deren wissenschaftliche Vermittlung im Unterricht so viel Wert gelegt wird? Dazu werden Charakterisierungen von Natur und Naturwissenschaft, die die Vielfältigkeit und gleichzeitig die Unterschiedlichkeit dieser Bereiche aufzeigen, herangezogen. Damit soll ein Einblick in die Auseinandersetzung mit der Natur und ihren Begrifflichkeiten gegeben werden, der durchaus auch Ausgangspunkt für neue Diskussionen in der Fachdidaktik sein könnte.

Stichworte:

Natur, Technik, Nature of Science

1 Einleitung

Es wird in den naturwissenschaftlichen Fachdidaktiken für überaus relevant gehalten, ein Wissen über die jeweiligen Disziplinen der Physik, der Biologie und der Chemie zu vermitteln, das naturwissenschaftliche Arbeitsweisen ebenso umfasst wie Erkenntnisstrategien zur Generierung von Wissen. Dieses wird – aus dem Englischen übernommen – meist unter dem Begriff Nature of Science zusammengefasst. Gleichzeitig scheint es nicht als Aufgabe der Fachdidaktik gesehen zu werden, die historischen und philosophischen Dimensionen (um nur diese beiden zu nennen) zu ergründen, die zu einem adäquaten Diskurs über die Charakterisierung und Definition von Natur bzw. Naturwissenschaften beitragen. Teils werden diese wissenschaftstheoretischen Ansätze und Fragestellungen als für die Schülerinnen und Schüler zu komplex, teils auch als zu unwichtig eingestuft, als dass eine breite fachdidaktische Diskussion stattfinden würde

(Abd-El-Khalick, 1997). Dies verwundert, da entsprechende Überlegungen für die Lehramtsausbildung an den Universitäten durchaus bedeutsam scheinen: Dort sind Fragen über die Natur, die Natur der Naturwissenschaften und damit also auch über die Natur an sich sicherlich nicht deplatziert. Damit Lehramtsstudenten der Chemie auch ein umfangreiches Wissen nicht nur im Fach, sondern auch über dieses Fach erlangen können, wird die Frage nach dem Wesen und Inhalten der Natur auch in ihrer historischen und philosophischen Dimension relevant, gehört die Chemie doch in den Kanon der Disziplinen der Naturwissenschaften.

Im Folgenden sollen daher verschiedene Ansätze der Charakterisierung von Natur (und Technik) im Hinblick auf mögliche Folgen für die fachdidaktische Diskussion sowie deren Relevanz für die Lehrerbildung und den Schulunterricht in der Chemie diskutiert werden.

2 Wer oder was ist Natur?

Die Frage: Wer oder was ist Natur? wurde innerhalb der (Philosophie-)Geschichte auf viele verschiedene Weisen beantwortet.

Eine sehr frühe Definition von Natur geht auf Aristoteles zurück. In dieser wird das Natürliche dahingehend charakterisiert, dass das Prinzip seines Werdens in sich selbst liegt. Anders formuliert: Natur bringt Natur hervor. Dieses in der Natur Seiende und aus ihr Hervorgehende ist aus sich selbst heraus veränderbare Wirklichkeit (Aristoteles, 1987). Material und Funktion von Naturdingen bewegen sich demnach aus sich selbst heraus, was heißt sie sind bewegt, ergo sie werden nicht bewegt.

Mag diese Definition von Aristoteles mit einem modernen Verständnis von Natur auch erst einmal nicht viel gemein haben, so kann man die aristotelische Charakterisierung doch als Wegweiser sehen, die Natur als Objekt zu definieren, da sie aus sich selbst heraus bewegt ist und wird, also vom möglichen Betrachter als von sich verschieden wahrgenommen wird.

Damit liegt eine grundlegende Definition vor, allerdings keine, die Natur als ein Objekt von Wissenschaft erkennen ließe. Die Verbindung von Natur und Wissenschaft wird deutlich(er), wenn man sich dem Werk Francis Bacons zuwendet, der der Natur neben der Rolle als Objekt das Motiv der Beherrschung derselben voranstellt, was den Fortschritt anleite und somit gleichzeitig das Ziel der Wissenschaft sei. Der Mensch müsse der Natur ihre Geheimnisse entreißen, um Macht über diese zu erlangen (Bacon, 1990). Als Empirist

lag seine Erkenntnismethode darin, dass ein Wissen über die Natur durch Erfahrung und Induktion zu erlangen sei und man daher wie folgt methodisch vorgehen müsse: 1) Man muss eine Arbeitshypothese aufstellen, 2) Erfahrungen durch Experimente sammeln, 3) folgern und allgemeine Sätze aus den Erfahrungen ableiten 4) die neuen Erkenntnisse durch Experimente erneut prüfen (Bacon, 1990). Diese Vorgehensweise mag dem Fachdidaktiker wohl bekannt vorkommen, beschreibt sie doch im Allgemeinen den naturwissenschaftlichen induktiven Erkenntnisweg. Die Natur wird befragt und durch das Experiment kann der Forscher Antworten aus der Natur und über diese erlangen.

In ähnlicher Weise beschreibt Immanuel Kant wie mit der Natur zu verfahren sei. Dieser führt neben der empirischen Herangehensweise – die Natur durch Experimente zu befragen – ebenso die rationalistische Idee an: Der Verstand könne mithilfe der Mathematik synthetische Urteile a priori über die Natur fällen, um Antworten auf seine Fragen zu erhalten (Kant, 1997). Sowohl die empiristische als auch die rationalistische Herangehensweise bieten nach Kant adäquate Methoden, um Antworten über das Wesen der Natur zu erhalten.

Diese Darstellung von Natur als Gegenstand von Wissenschaft mag vielleicht nicht in allen Details relevant sein, um ein guter Chemielehrer zu werden, dennoch zeigt diese Darstellung beispielhaft und schlaglichtartig, woher gewisse Vorstellungen über Natur und die Generierung von Wissen über Natur kommen, die auch den Chemieunterricht, zum Beispiel im Hinblick auf die Behandlung „des“ naturwissenschaftlichen Erkenntniswegs, prägen.

3 Was ist Naturwissenschaft?

Die so skizzierte Annäherung an die Frage „Was ist Natur?“ führt unmittelbar zu einer nächsten Frage, nämlich „Was ist Naturwissenschaft?“. Indem man auf diese Weise nach Natur als einem Bestandteil einer Wissenschaft fragt, liegt der Bezug dieser Fragestellung zur Chemie und ihrer Fachdidaktik hier wohl näher und es ist zu beleuchten, wie man, unter besonderer Berücksichtigung der Charakteristika der Chemie als naturwissenschaftlicher Disziplin, das Wesen von Naturwissenschaft fassen könnte.

Eine Möglichkeit dazu liefert Ropohl (1996), der Naturwissenschaften anhand folgender Kriterien definiert: 1) Zielsetzung, 2) Gegenstand, 3) Methodik, 4) Status der Resultate, 5) Qualitätskriterium. Diese formuliert er folgendermaßen aus: 1) Naturwissenschaften

verfolgen das Ziel eines theoretischen Erkenntnisgewinns. 2) Die Naturwissenschaften untersuchen natürliche Phänomene. 3) Die Naturwissenschaften bedienen sich der isolierenden Abstraktion isolierter Untersuchungsobjekte. 4) Die Naturwissenschaften zielen auf isolierte Gesetzhypothesen und idealisierende Theorien ab. 5) Die Naturwissenschaften bewähren sich durch experimentelle Erfolge und Anerkennung in der wissenschaftlichen Gemeinschaft sowie in Form theoretischer Konsistenz. In den Ausführungen von Ropohl finden sich dabei einige Aspekte, die sich auch im Rahmen von Nature of Science etabliert haben und als Charakteristika moderner Naturwissenschaften gelten, wie z.B. Empirie, Theorie und Gesetz oder Experimente als Methode der Erkenntnisgewinnung. Diese Übereinstimmungen zwischen den Überlegungen von Ropohl und den Kriterien von Nature of Science hinsichtlich der Frage, wie man Naturwissenschaften charakterisieren kann, können damit in den Diskussionen zum Wesen der Naturwissenschaften eine Gelenkstelle zwischen Wissenschaftstheorie und naturwissenschaftlichen Fachdidaktiken werden. Allerdings ist dabei zu berücksichtigen, dass Ropohl zum einen offenlässt, was er unter einem „natürlichen Phänomen“ versteht, womit die Erwägungen aus Kapitel 2 wieder bedeutsam werden, und seine Charakterisierung zum anderen noch einer Differenzierung der drei Disziplinen der Naturwissenschaften bedarf, indem sie im konkreten Fall noch durch die Spezifika der Chemie ausdifferenziert werden. Im Folgenden Kapitel soll daher nun der Versuch unternommen werden, den Blick zum einen auf die Chemie zu fokussieren und zum anderen die Rolle der Natur bei der Betrachtung der Natur-Wissenschaft Chemie bewusst zu bedenken.

4 Natur in der Chemie?

Den zuvor dargestellten, eher allgemein gehaltenen Charakterisierungsversuchen von Natur und Naturwissenschaft folgt nun also der Blick auf die Chemie als eine der drei Naturwissenschaften. Dabei wird der Blick darauf gerichtet, welche Rolle die Natur in der Chemie einzunehmen vermag und ob einzig die Natur als Objekt der chemischen Forschung gelten kann.

Marcellin Berthelot – einer der führenden Chemiker seiner Zeit – konstatierte bereits in der Mitte des 19. Jahrhunderts: „*Die Chemie schafft sich ihr Objekt selbst*“ (Berthelot, 1877). Dieses, so führte er weiter aus, gelte vor allen anderen Wissenschaften für die Chemie, da

sie es verstehe mittels der Methode der Synthese chemische Verbindungen und Strukturen unter anderem aus ihren Zerlegungsprodukten zu produzieren. Darüber hinaus führt er aus, dass die Chemie gerade durch die Synthese imstande sei, „*auch eine Menge künstlicher Körper hervorzubringen, welche den natürlichen ähnlich sind und alle Eigenschaften derselben besitzen*“ (Berthelot, 1877). Berthelot gibt damit gerade für die Chemie eine Definition der Objekte chemischer Betrachtung, die über das einfache Auffinden chemischer Strukturen in der Natur hinausgeht und erweitert diese um die künstlichen Körper.

Dass die Chemie *eine Menge künstlicher Körper* hervorbringt, stellt sie im Laufe ihrer Geschichte eindrucksvoll unter Beweis und führt dahin, dass sie in den 20er Jahren des 20. Jahrhunderts beispielsweise mit der Nylonsynthese dazu in der Lage ist, chemische Verbindungen zu realisieren, die neue Kombinationen von stofflichen Eigenschaften aufweisen und von der Natur selber nicht produziert werden. Damit tritt die Chemie aus einem Reproduktionsstadium in ein Produktionsstadium, indem sie Strukturen herstellt, die in ihrer Verknüpfungsreihenfolge so auf der Welt bis dato nicht vorkamen. Mit der Geburtsstunde der „Kunst“stoffe ist die Chemie in der Lage etwas, was von der Natur verschieden ist, zu produzieren.

Der Begriff der Kunst in Verbindung mit der Frage nach der Natur (in den Naturwissenschaften) kann bis in die Antike zurückverfolgt werden. Denn bereits Aristoteles hat einen Dualismus zwischen Natur und Kunst/Technik (*techné*) dargelegt, der den Bereich der Technik der bereits dargelegten Charakterisierung von Natur gegenüberstellt: Die Kunst und die von ihr verfertigten Gegenstände (die Artefakte) sind vom Menschen gemacht, d.h. sie entstehen nicht aus sich selbst heraus und werden demnach auch nicht durch sich selbst oder aus sich selbst heraus bewegt (Aristoteles, 1987).

Ein derartig oppositionelles Verhältnis von Natur und Technik wurde innerhalb der Philosophiegeschichte und darüber hinaus vielfach diskutiert. Dies schließt im 20. Jahrhundert auch die Diskussion über Natur- und Technikwissenschaft mit ein.

Analog zu Aristoteles führt Ropohl nicht nur eine Definition von Naturwissenschaft an, sondern kontrastiert diese mit einer Charakterisierung von Technikwissenschaft. Anhand der gleichen Charakteristika 1) Zielsetzung, 2) Gegenstand, 3) Methodik, 4) Status der Resultate, 5) Qualitätskriterium) definiert er für Technikwissenschaften: 1) Die Technikwissenschaften verfolgen einzig praktische Zwecke, 2) die Technikwissenschaften

beschäftigen sich mit natürlichen Phänomenen und naturalen Effekten nur, wenn sie in technischen Systemen eine Rolle spielen, 3) die Technikwissenschaften beschäftigen sich mit konkreten technischen Gebilden in einem mehrdimensionalen Verflechtungszusammenhang und quasi-experimentellen Simulationen, 4) die Technikwissenschaften gewinnen aus der Transformation und der Integration naturwissenschaftlichen Wissens und systematischer Erfahrung realistische Gestaltungsregeln, und 5) für Technikwissenschaften zählt praktischer Erfolg der technischen Lösungen und die Anerkennung durch die Ingenieurs- und Industriepraxis (Ropohl, 1996).

Folgt man nun diesen Charakteristika Ropohls, so lässt sich die Chemie spätestens seit dem 20. und 21. Jahrhundert auch in einigen Merkmalen der Technikwissenschaft zuordnen, wie z.B. dem Einbezug des praktischen Zwecks, der systematischen Erfahrung realistischer Gestaltungsregeln und den technischen Lösungen industrieller Probleme. Bedenkt man zudem das spätestens seit dem 19. Jahrhundert bedeutsame Charakteristikum der Chemie Artefakte hervor zu bringen, so wird klar, dass der Einzug technikwissenschaftlicher Bestandteile in die Chemie sogar schon älteren Ursprungs ist. Die moderne Chemie kann also nicht allein durch das in Beziehung setzen mit dem Begriff der Natur zeitgemäß und umfassend bestimmt werden, vielmehr gehört die Chemie, da man sie gemäß der vorangegangenen Charakterisierung sowohl Aspekten der Naturwissenschaft als auch der Technikwissenschaft zuordnen kann, sowohl zu den Natur- wie auch zu den Technikwissenschaften.

5 Eine fachdidaktische Sicht auf „Nature of science“ unter Einbezug von Natur und Technik

Inwieweit wird der Status der modernen Chemie als Naturwissenschaft, die sich mit der Natur befasst, aber ebenso von Technik durchdrungen wird und ist, nun von den Dimensionen die in der Fachdidaktik das „Wesen der Naturwissenschaften“ charakterisieren, berücksichtigt?

Zu den Dimensionen von Nature of Science zählen in ähnlicher bzw. leicht abgewandelter Form folgende allgemein anerkannte Charakterisierungsaspekte (Lederman, 1992): *a) scientific knowledge is tentative; or subject to revision based on new information or new perspectives; b) science is based on empirical evidence produced through direct or*

indirect observation of the natural world; c) imagination and creativity play a role in the development of scientific knowledge; d) science involves both observation and inference; e) science is influenced by scientists' values, knowledge and prior experiences (personal subjectivity), and currently accepted scientific perspectives influence the collection and interpretation of empirical data (theory-laden, observations and interpretations); f) there is a distinction between scientific theories and laws; and g) social and cultural contexts play a role in the development of scientific knowledge; h) there is no single scientific method.

Diese Aspekte werden in der internationalen *science education community* größtenteils und interdisziplinär geteilt. Sie sollen einen möglichst umfassenden und gut zu vermittelnden Überblick über das Wesen der Naturwissenschaften geben und Wissen beispielsweise über epistemologische Dimensionen naturwissenschaftlichen Wissens oder naturwissenschaftliche Arbeitsweisen zugänglich machen.

Welche Aspekte dieser Charakterisierung einer Nature of Science lassen nun Rückschlüsse auf die Auseinandersetzung mit Natur und/oder Technik zu bzw. zeigen eine Einbindung der Dimension von Technik in den Naturwissenschaften?

Betrachtet man Aspekt b) wird dort *von direkten oder indirekten Beobachtungen der natürlichen Welt gesprochen, wodurch empirische Evidenz* erlangt wird. Eine Spezifizierung, was unter der natürlichen Welt zu verstehen sei, wird dabei nicht gegeben. „Natur“ oder genauer die „natürliche Welt“ wird in diesem Kontext also zum Objekt der naturwissenschaftlichen Beobachtung, ohne dass gleichzeitig charakterisiert würde, was diese natürliche Welt überhaupt ist oder enthält. Insbesondere findet sich hier keinerlei Hinweis auf den Aspekt der Technik. Diesen könnte man in Punkt g) erahnen, auf den im Bereich der Nature of Science Diskussion großer Wert gelegt wird, und der betont, dass die Entwicklungen der Naturwissenschaften von sozialen und kulturellen Einflüssen geprägt waren und sind. Diskutiert man nun die Ergebnisse und Erzeugnisse aller drei naturwissenschaftlichen Disziplinen unter anderem als Produkte menschlicher Gesellschaften, die aus ihnen hervorgehen und ebenso auf diese einwirken, dann gelangt man auch schnell an den Punkt den Einfluss von Technik auf die Gesellschaft zu betrachten. Eine explizite Einbeziehung der Dimensionen von Technik, Technikwissenschaften oder Artefakten findet sich in der Charakterisierung von Nature of Science allerdings eben gerade nicht, wodurch es zunächst unklar bleibt, inwieweit die soeben diskutierte Möglichkeit der Bezugnahme auf Technik im Kontext der sozialen und

gesellschaftlichen Einflüsse auf Naturwissenschaften wirklich fachdidaktisch und unterrichtspraktisch genutzt wird.

6 Natur und Technik alternativ auffassen

Vergleicht man die sieben NoS-Dimensionen nach Lederman (2002)⁹ mit anderen, in den Naturwissenschaftsdidaktiken diskutierten Charakterisierungen, wie den neun Dimensionen nach Osborne (2003) oder den elf Dimensionen nach McComas & Olsen (1998), stellt man fest, dass sich diese Konzepte der „Natur der Naturwissenschaften“ nicht allzu stark voneinander unterscheiden bzw. über die Jahre verändern. Die Definitionen und Charakteristika dieses Konzeptes bleiben also relativ konstant, was einerseits als Vorteil gesehen werden kann, da offensichtlich ein Konsens herrscht, welche Eigenschaften den Naturwissenschaften zu eigen sind. Andererseits bedingt diese Statik, dass neue Strömungen in den Wissenschaften möglicherweise übersehen werden oder bereits existierende, bisher aber vernachlässigte Konstrukte auch weiterhin unberücksichtigt bleiben. Dieses könnte ein Grund dafür sein, dass der Frage nach dem Wesen von Natur und Technik in den Naturwissenschaften innerhalb der NoS-Diskussion bisher nur wenig Raum gegeben wird.

Die Wissenschaftsforschung sowie wissenschaftstheoretische Strömungen der letzten 50 Jahre sind diesbezüglich weniger statisch. Die Frage nach dem Status von Natur und Technik in den Wissenschaften wird hier nicht mehr nur nach der Argumentation Kants oder Bacons behandelt, sondern es sind andere Ansätze zu erkennen, die sich teils stark am Konstruktivismus orientieren. Einer von ihnen wird, mit Blick darauf, inwieweit dieser Ansatz ein modernes Verständnis von NoS widerspiegeln könnte, im Folgenden dargestellt.

Betrachtet man die Relationen von Natur und Technik in Bezug auf naturwissenschaftliche Forschung z.B. bei Bruno Latour, einem französischen Soziologen und Philosoph, ist die oppositionelle Gegenüberstellung von Natur und Technik im Sinne eines Dualismus nicht mehr zu erkennen. Entgegen der bisherigen, deutlichen Trennung von Natur und Technik setzt Latour auf ein neues Muster, das zeigen soll, wie beide Bereiche in der Gegenwart miteinander interagieren und somit auch die Naturwissenschaften der Gegenwart prägen. Als erstes sei dabei nach Latour sowohl der Begriff der Natur als auch der Begriff der

Kultur im Singular zu umgehen. Stattdessen würden die Wissenschaften von menschlichen (beispielsweise Wissenschaftlern) und nicht-menschlichen (beispielsweise chemischen Strukturen) Wesen gestaltet. Damit einher geht die Auflösung der Konstruktionen von Subjekt und Objekt: Menschliche und nicht-menschliche Wesen wechselwirken in diesem Ansatz in einem pluralisierten Kosmos, der von *Naturen und Kulturen* geprägt wird. (Latour, 2008) Es gibt also nicht mehr nur eine Natur, die gegen eine technisierte Kultur ansteht, sondern eine Vielzahl beider, die ein Kollektiv bilden.

Der Zweck, ein Kollektiv aus menschlichen und nicht-menschlichen Wesen zu bilden, ist eine größere Anzahl von Handelnden in der gleichen Welt zu versammeln, sodass es möglich wird, dass mehrere Akteure miteinander interagieren, egal ob sie zu den menschlichen oder nicht-menschlichen Wesen gehören (Latour, 2010).

Ein Vorteil dieses Ansatzes ist, dass man nicht eine permanente Gegensätzlichkeit von Natur und Technik innerhalb der Naturwissenschaften bedenken muss, sondern alle Akteure gemeinsam als Bestandteile der Naturwissenschaften behandelt, die eben diese prägen und gestalten. Es geht dabei also nicht um Abgrenzung, sondern darum wie menschliche und nicht-menschliche Wesen naturwissenschaftliche Arbeitsräume (wie beispielsweise Laboratorien) gestalten.

Dieser Ansatz widerspricht den in der Fachdidaktik diskutierten Dimensionen von Nature of Science nicht. Vielmehr kann er ein weiteres Erklärungsmuster in Bezug auf die NoS-Dimension, das Naturwissenschaften von soziokulturellen Werten geprägt sind, darstellen, indem er einen Modus beschreibt, auf welche Weise Kultur die Naturwissenschaften prägt. Die Herausforderung der Konstruktion Latours ist jedoch, dass sie ein grundsätzliches Umdenken erfordert, indem nicht ein oppositionelles Verhältnis in das Zentrum der Betrachtung gestellt wird, sondern ein komplexes Gefüge der diversen Naturen und Kulturen, wobei es dann gilt, die dadurch geschaffene Komplexität zu durchdringen und die Verhältnisse der beteiligten Akteure zu- und untereinander zu verstehen.

Dadurch ist der Ansatz von Latour möglicherweise nicht unbedingt geeignet, um Nature of Science-Aspekte in der Schule explizit zu thematisieren, dennoch kann er innerhalb der Lehramtsausbildung als eine bedenkenswerte Kontrastierung oder eine Alternative dienen, die NoS-Sicht von Lehramtsstudenten, Lehrern im Vorbereitungsdienst oder unterrichtenden Lehrern zu verstehen, zu hinterfragen und weiter zu entwickeln oder aber um grundsätzlich einen Dialog über die Dimensionen von Natur und Technik in den Naturwissenschaften überhaupt erst beginnen zu lassen.

genutzt wird.

7 Mögliche Anwendungen und Nutzen der Implikation von Natur und Technik in der Chemiedidaktik

Es stellt sich nun die Frage, wie die Natur-Technik-Diskussion konkret mit naturwissenschaftlichem Unterricht und dessen Beforschung durch die Fachdidaktiken in Beziehung gesetzt werden könnte. Dazu sollen hier beispielhafte Möglichkeiten und Ansatzpunkte angerissen werden:

a. Chemiedidaktische Diskussion

Bezieht man die Dimensionen von Natur und Technik in das Nachdenken über das Wesen der Naturwissenschaften mit ein, kann dies einer präziseren Auseinandersetzung mit den NoS-Dimensionen als solchen dienen. Der Aspekt *science is based on empirical evidence produced through direct or indirect observation of the natural world* könnte beispielsweise dahingehend erweitert werden, dass *observation durch intervention* ersetzt wird. Auf diese Weise hätte man theorieseitig implizit einen möglichen Anknüpfungspunkt für eine Natur-Technik-Diskussion in der Lehrerbildung und im Unterricht geschaffen, auf deren Basis eine Auseinandersetzung mit dem Fach an sich begonnen und das Selbstverständnis von Chemie möglicherweise konkretisiert werden könnte. Dies könnte schließlich dazu beitragen, dem Irrglauben, die Chemie als Naturwissenschaften beobachte die Natur, entgegen zu treten und sich auf die wissenschaftliche Entwicklung der Chemie der letzten Jahrzehnte zu beziehen. Der Ansatz von Latour bietet schließlich eine Alternative sich auf andere Weise mit den Konstrukten Natur und Technik auseinanderzusetzen, um z.B. gerade auch Laboratorien als einen Ort, an dem moderne Naturwissenschaften praktiziert werden, in ihrer intellektuellen Komplexität zu beleuchten.

b. Chemielehrerausbildung

Chemielehrer sollen im Unterricht ein möglichst authentisches und zeitgemäßes Bild der Naturwissenschaft Chemie vermitteln. Eine differenzierte Sicht auf die „Natur“ dieser Naturwissenschaft sollte daher bereits in die universitäre Lehre mit eingebunden werden. An der Universität Kassel beispielsweise läuft hierzu im Rahmen der Qualitätsoffensive Lehrerbildung seit 2015 ein vom BMBF gefördertes Forschungsprojekt, das versucht den Einfluss und die Auswirkungen aktueller Forschung auf Professionsaspekte von Lehramtsstudierenden zu ermitteln. Dazu wurde eine Lernumgebung entwickelt, die beide Bereiche (aktuelle Forschung und naturwissenschaftlicher Unterricht) miteinander kombiniert und die reüssierenden Effekte untersucht. Dabei wird auch berücksichtigt, ob

Studenten verstehen, dass die Naturwissenschaften und im Besonderen die Chemie kaum mehr die Natur beobachten, sondern diese mithilfe von Technik formen und gestalten und nach aristotelischer Definition Artefakte hervorbringen. Diese Dimension des Technischen zu durchdringen sowie ihre Bedeutung und Auswirkung zu reflektieren ist dabei eine Grundlage, um moderne Chemie und moderne chemische Arbeitsweisen zu verstehen und um sie dann auch authentisch im Unterricht zu vermitteln. Der Reflexion und Diskussion der oben genannten (philosophischen) Ansätze kann daher im Rahmen der Lehrerbildung eine bedeutende Rolle zukommen.

c. Chemieunterricht

Eine Möglichkeit, Technik, Technikwissenschaften und auch Artefakte als solche mit der im Bereich Nature of Science geforderten Dimension der sozialen und kulturellen Einflüsse in vielfacher Weise in Beziehung zu setzen, ergibt sich im Chemieunterricht zum Beispiel durch die Behandlung historischer Fallbeispiele. Dies ist an der Geschichte des Nylons zu erkennen, die einerseits die Implikation von Technik (unter Einbeziehung des Natürlichen) auf die damalige Gesellschaft zeigt und gleichzeitig verdeutlicht, wie das Produkt selbst in verschiedenen sozialen und kulturellen Kontexten von der Gesellschaft genutzt wurde:

Die Kunstfaser Nylon wurde 1935 vom Chemiker Wallace Hume Carothers synthetisiert. In späteren Jahren wurde sie von der Firma DuPont vermarktet, woraufhin 1937 die Patentierung des Kunststoffes folgte (Gratzer, 2009). Die Industrie wurde schnell auf dieses Polyamid aufmerksam, da es sich durch hohe Festigkeit, chemische Beständigkeit sowie durch Beständigkeit bei Temperaturen von bis zu 150°Celsius auszeichnete.

1938 wurde Nylon der amerikanischen Öffentlichkeit präsentiert und beworben als eine synthetische Faser aus Luft, Wasser und Kohle. Natürlich hat dieser Slogan mit der chemischen Wahrheit nur gemein, dass Nylon aus den Elementen Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff besteht, ist aber ansonsten unter Einbeziehung chemischen Wissens um Strukturen und ihre Eigenschaften schlichtweg falsch. Es wird jedoch an dieser Stelle etwas Anderes offenbar, nämlich, dass das neue technische Produkt unter dem Deckmantel des Natürlichen vom potentiellen Käufer als etwas Reines, Ungefährliches gesehen werden sollte. Das Technisch-Synthetisierte wird in den 30er Jahren offenbar als eine Bedrohung wahrgenommen. Gesellschaft wird hier in gewisser Weise zu einem Spiegel des neuen chemischen Wissenschaftszweiges, indem deutlich wird, wie die amerikanische Gesellschaft auf durch Technik zugänglich gemachte

Neuerungen zugeht. In diesem Fall versucht die Werbung das Technische, Neue zu verschleiern und es durch etwas Bekanntes, in der Natur bereits Existierendes zu ersetzen. Anhand dieses Fallbeispiels wird noch ein zweiter Aspekt, wie und welchen Einfluss Technik in den Naturwissenschaften auf Gesellschaft haben kann, deutlich: Betrachtet man nach der anfänglichen Skepsis der Produzenten die Einsatzgebiete von Nylon, sieht man seine Ambivalenz im kulturellen und sozialen Kontext: Nylon etablierte sich in der Gesellschaft zuerst in Form von Damenstrümpfen und war entsprechend gefragt. Die Produktion dieses Luxusartikels wurde mit dem Eintritt der USA in den zweiten Weltkrieg drastisch zurückgefahren, da Nylon nun zur Produktion von Fallschirmen für die Armee benötigt wurde. Dieser ambivalente Nutzen in den 30er und 40er Jahren zeigt wiederum, wie eng die Verbindung von Gesellschaft und technischen Produkten bereits war. Die Naturwissenschaft Chemie steht hier also gerade mit ihrer technischen Facette im Wechselspiel mit den soziokulturellen Werten und Interessen der Gesellschaft. So haben sie einerseits Einfluss auf die Wahrnehmung der Chemie und ihrer Erzeugnisse und werden andererseits durch die künstlichen Produkte, die die Chemie in die Gesellschaft trägt, ihrerseits verändert. Diese gegenseitige Bedingtheit rechtfertigt eine Einbeziehung des Denkens über Technik in den Blick auf Nature of Science und daraus folgend in den Chemieunterricht.

Nylon als ein Paradebeispiel eines Kunststoffes (und damit ein Produkt von Technik) kann als eines von vielen denkbaren Fallbeispielen aus der Chemie eine Reflexion von Natur und Technik im Chemieunterricht vor allem auch deshalb sehr nahelegen, weil es Bestandteil diverser Curricula des Faches Chemie der gymnasialen Oberstufe (z.B. Hessisches Kultusministerium, 2016) ist. Anknüpfungspunkte einer Diskussion um das Technische und um Artefakte innerhalb des Unterrichts (oder aber der Lehrerbildung) findet man also bereits im Curriculum, so dass entsprechende Überlegungen fachnah und ohne zu ausführliche wissenschaftstheoretische Diskussionen behandelt werden könnten. Dies erscheint umso wichtiger, als es Lernenden im Kontext des NoS-Konstrukts "*social and cultural contexts play a role in the development of scientific knowledge*" schwerfällt, soziokulturellen Einflüssen eine Rolle bei wissenschaftlichen Entwicklungen zuzumessen (Mesci, Schwartz, 2017). Laut dieser Studie bereitet es Lernenden Schwierigkeiten zu erkennen, dass gesellschaftliche Belange einen großen Einfluss auf die Entwicklung von Wissenschaften haben, da sie Naturwissenschaften häufig eher als autark und von politischen, ökonomischen und sozialen Faktoren unabhängig erachten.

Hier könnte eine Betrachtung und das Einbinden von Natur- und Technikcharakterisierungen dazu beitragen, Verbindungen zwischen Wissenschaft und Gesellschaft zu bedenken und zu erkennen, dass gerade durch und mittels Technik die Naturwissenschaften mit gesellschaftlichen Interessen interagieren.

Allein in der Synthesechemie lassen sich sicherlich noch mehr Beispiele finden, anhand derer man eine differenzierte Natur-Technik-Auffassung oder beispielsweise ein ambivalentes Verständnis der beiden Bereiche in Bezug auf Gesellschaft kennenlernen und diskutieren kann, womit man den Anforderungen des Kompetenzbereichs Bewertung in besonderer Weise Rechnung tragen würde. Hier ist nämlich unter anderem das *Abwägen und bewerten von Handlungsfolgen auf Natur und Gesellschaft und Reflektieren und bewerten von Handlungsoptionen als Grundlage für gesellschaftliche Partizipation* (Hessisches Kultusministerium, 2016) gefordert. Sollen die Kompetenzen der Schüler in diesen Aspekten gefördert und gefordert werden ist es beinahe offensichtlich, dass damit einhergehend auch geklärt werden muss, was man unter Natur und Gesellschaft versteht bzw. wie diese miteinander interagieren.

8 Mögliche Anwendungen und Nutzen der Implikation von Natur und Technik in der Chemiedidaktik

Eine Diskussion über Natur und Technik in den Naturwissenschaften ist sicherlich komplexer als sie hier dargestellt werden konnte, gleichzeitig erscheint uns eine solche Diskussion für die Chemiedidaktik gleichermaßen notwendig wie fruchtbar. Wir haben daher versucht, für die Chemie aufzuzeigen, welche Auswirkungen sowohl historisch als auch in der Gegenwart eine Einbindung der Dimensionen von Natur und Technik auf die Sichtweise auf Wissenschaft und Gesellschaft haben kann, welche Anknüpfungspunkte solche Überlegungen an die fachdidaktische Nature of Science-Diskussion haben könnte und welche konkreten Folgen sich für die Chemiedidaktik, die Lehrerbildung und den Unterricht ergeben könnten.

Gleichzeitig handelt es sich dabei selbstverständlich nur um erste Ideen, die zeigen sollen, dass es von Bedeutung ist, den Naturbegriff reflektiert zu benutzen und Technik beim Verständnis moderner Chemie zu berücksichtigen, sowie dass es konkrete Möglichkeiten

zur Umsetzung dieser Gedanken gäbe. Wir hoffen damit einen Anreiz für eine breite und konstruktive Diskussion über eine konkrete Ausgestaltung der Einbindung der Bereiche von Natur und Technik in die chemiedidaktische Theoriebildung, die Lehramtsausbildung und den Chemieunterricht gegeben zu haben.

Literatur

- Abd-El-Khalick, F., Bell, R. L., Lederman, N. G. (1998). The Nature of Science and Instructional Practice: Making the Unnatural Natural. *Science Education*, 82 (4), 417.
- Aristoteles (1987). *Aristoteles' Physik Bücher I – IV*. Hamburg: Felix Meiner Verlag GmbH.
- Bacon, F. (1990). *Neues Organon*. Hamburg: Meiner.
- Berthelot, M. (1877). *Die chemische Synthese*. Leipzig: F. A. Brockhaus.
- Gratzer, W. (2009). *Giant Molecules – From Nylon to Nanotubes*. New York: University Press.
- Hessisches Kultusministerium (2016). Bildungsstandards und Inhaltsfelder. Download: https://kultusministerium.hessen.de/sites/default/files/media/kerncurriculum_chemie_gymnasium.pdf. (02.10.2017)
- Hessisches Kultusministerium (2016). Kerncurriculum gymnasiale Oberstufe. Download: <https://kultusministerium.hessen.de/schulsystem/bildungsstandards-kerncurricula-und-lehrplaene/kerncurricula/gymnasiale-oberstufe/chemie> (25.09.2017)
- Kant, I. (1997). *Metaphysische Anfangsgründe der Naturwissenschaft*. Hamburg: Meiner Verlag.
- Latour, B. (2008). *Wir sind nie modern gewesen*. Frankfurt am Main: Suhrkamp Verlag.
- Latour, B. (2010). *Das Parlament der Dinge*. Frankfurt am Main: Suhrkamp Verlag.
- Lederman, N. G. (1992). Students' and teachers' conceptions of the nature of science: a review of the research. *Journal of Research in Science Teaching*, 29 (4), 331.
- Mesci, G., Schwartz, R. S. (2017). Changing Preservice Science Teachers' Views of Nature of Science: Why Some Conceptions May be More Easily Altered than Others. *Research in Science Education*, 47 (2), 329.
- Ropohl, G. (1996). Das Ende der Natur. In L. Schäfer, E. Ströker (Hrsg.). *Naturauffassungen in Philosophie, Wissenschaft und Technik* (S. 143 – 163). Freiburg: Karl Alber Verlag.

Dr. Mareike Frevert studierte Chemie und Philosophie für das Lehramt an Gymnasien. Dem Staatsexamen folgte eine Anstellung in der Organischen Chemie an der Universität Kassel. Diesem schloss sich eine Promotion in der Wissenschaftstheorie mit dem Arbeitstitel „Wissenschaft der Synthese – Ein Ansatz zur wissenschaftsphilosophischen Bestimmung der Chemie“ an, die 2014 abgeschlossen wurde. Nach einem einjährigen Aufenthalt im Referendariat ist sie seit September 2015 in der Didaktik der Chemie an der Universität Kassel beschäftigt.



Dr. Mareike Frevert
Universität Kassel
Didaktik der Chemie
Heinrich-Plett-Straße 40
34132 Kassel
mfrevert@uni-kassel.de

Prof. Dr. Di Fuccia studierte in Dortmund Chemie und Mathematik für das Lehramt der Sekundarstufen I und II. 2007 wurde er dort für seine Arbeiten zur Leistungsbeurteilung durch Schülerexperimente promoviert. Im Jahre 2010 nahm er einen Ruf auf eine Juniorprofessur für Chemiedidaktik an der Universität Kassel an, 2013 folgte er dort einem Ruf auf eine W3-Professur. Forschungsschwerpunkte seiner Abteilung sind u.a. das mathematische Modellieren im Chemieunterricht, die Implementation kontextorientierter Unterrichtseinheiten sowie die Professionsentwicklung in der Chemielehrerbildung.



Prof. Dr. David-Samuel Di Fuccia
Universität Kassel
Didaktik der Chemie
Heinrich-Plett-Straße 40
34132 Kassel
difuccia@uni-kassel.de

Ad fontes: Lehrkräftebildung zum naturwissenschaftlich-experimentellen Arbeiten neu denken – Wie können Lehrkräfte beim Lernen für den eigenen Unterricht unterstützt werden?

Markus Emden und Hendrik Härtig

Zusammenfassung:

Wie Lehrkräfte das Experimentieren im eigenen Unterricht lehren, hängt meist davon ab, wie sie es selbst erlernt und welche Handlungsrouninen sie im Referendariat entwickelt haben. Sich wandelnde Ansprüche an den Chemieunterricht, die sich aus neueren fachdidaktischen Erkenntnissen ableiten (z. B. Kompetenzorientierung, naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung), scheinen da einen steinigen Weg in die Schulpraxis nehmen zu müssen. Jedenfalls bleibt der deutsche Chemieunterricht noch immer deutlich zurück hinter den Erwartungen, die an das erkenntnisgewinnende Experimentieren gestellt werden. Es bedarf eines alternativen Ansatzes an Lehrkräftebildung, der schnellere ‚Updates‘ in der Unterrichtsentwicklung unterstützt. Der Beitrag beleuchtet zwei unabhängige Methoden zum Transfer chemiedidaktischen Wissens in die Unterrichtspraxis. Er zeigt die Möglichkeiten und Grenzen von Lehrkräftefortbildung und frei verfügbaren Bildungsmaterialien (Open Educational Ressources) auf. Eine Kombination der beiden Methoden sollte es auch auf kürzere Sicht erlauben, aktualisierte fachdidaktische Theorie im Chemieunterricht wirksam werden zu lassen.

Stichworte:

naturwissenschaftlich-experimentelles Arbeiten, Variablenkontrollstrategie, Lehrkräftefortbildung,

1 Problemaufriss

Was kann und soll der naturwissenschaftliche Unterricht allen Schülerinnen und Schülern mitgeben ungeachtet individueller Ambitionen, die häufig auf nicht naturwissenschaftsaffine Berufe ausgerichtet sind? Die Antwort der vergangenen zwei Jahrzehnte fällt einhellig aus: Naturwissenschaftliche Grundbildung (Scientific Literacy: Bybee, 2002). Eine stets komplexer werdende Lebenswelt, die mittelbar und unmittelbar durch naturwissenschaftliche Themen bestimmt wird, verlangt von allen mündigen Bürgerinnen und Bürgern – auch jenen, die nicht in naturwissenschaftsbezogenen Berufen arbeiten – eine gewisse Beweglichkeit in naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen sowie einen Grundstock naturwissenschaftlichen Konzeptwissens. Wer sich

selbstbestimmt und kompetent an Diskussionen zu erneuerbaren Energien, medizinischer Forschung oder der optimalen Ernährung beteiligen will, muss in Grundzügen verstanden haben, wie naturwissenschaftliches Wissen generiert wird und wo seine Grenzen liegen. Als zentral müssen daher Fähigkeiten zur naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung verstanden werden. Reiners führt in diesem Zusammenhang wiederholt das Kant'sche Verständnis vom naturwissenschaftlichen Experiment an (2002, 2017), in dem der Mensch sich gegenüber der Natur emanzipiert und selbst Lenker seiner Erkenntnisprozesse wird gegenüber dem weitgehend unmündigen Schüler des 18. Jahrhunderts, der nicht aktiv zu fragen, dafür jedoch zuzuhören genötigt wird:

Die Vernunft muß mit ihren Prinzipien, nach denen allein übereinkommende Erscheinungen für Gesetze gelten können, in einer Hand, und mit dem Experiment, das sie nach jenen ausdachte, in der anderen, an die Natur gehen, zwar um von ihr belehrt zu werden, aber nicht in der Qualität eines Schülers, der sich alles vorsagen läßt, was der Lehrer will, sondern eines bestellten Richters, der die Zeugen nötigt, auf die Fragen zu antworten, die er ihnen vorlegt. (Kant 1781, zitiert aus Reiners, 2002, S. 136)

Auch wenn der moderne Chemieunterricht sich seit Kant – in den vergangenen zwei Jahrzehnten dank der ausgerufenen Kompetenzorientierung (z. B. Klieme et al., 2003) – deutlich in Richtung der Förderung zum mündigen Bürger entwickelt hat, ist festzustellen, dass bezüglich der Fähigkeiten zum naturwissenschaftlich-experimentellen Arbeiten nicht alles zum Besten bestellt ist (Emden & Baur, 2017 mit Daten aus Pant et al., 2013a). Schülerinnen und Schülern des 21. Jahrhunderts scheint es noch immer nicht ‚gut‘ gelingen zu wollen, das naturwissenschaftliche Experiment als wirkmächtiges Instrument der Erkenntnisgewinnung zu nutzen, wobei schon länger kritisiert wird, dass schulische Ansätze des Experimentierens mit kochrezeptartigen Anleitungen zu kurz greifen (z. B. Hofstein & Lunetta, 1982) und epistemologische Potenziale so nicht voll ausschöpfen. Gleichmaßen herrscht kein Mangel an Ansätzen der chemie- und naturwissenschaftsdidaktischen Forschung und Entwicklung, die dem Anspruch der Kompetenzorientierung im Bereich Erkenntnisgewinnung gerecht werden sollen, um Impulse für den Unterricht zu liefern (z. B. Sumfleth, Rumann & Nicolai, 2004; Hopf, 2007; Koenen, 2014). Wieso diese zahlreichen Unterrichtsvorschläge nicht effektiv in den Chemieunterricht übersetzt werden können, ist eine noch unbeantwortete Frage, die der Erforschung harrt. Mögliche Gründe liegen einerseits in Unsicherheiten der Lehrkräfte mit stark geöffneten Unterrichtsarrangements zum forschenden Lernen umzugehen, die letztlich zu einer kognitiven Überforderung auf Seiten der Lernenden führen können (Mayer, 2004; Kirschner, Sweller & Clark, 2006); andererseits ist denkbar, dass viele

Lehrkräfte bei der Umsetzung von Konzepten forschend-entdeckenden Lernens – z. B. forschend-entwickelnder Unterricht (Schmidkunz & Lindemann, 1976/1995) – weiterer Unterstützung bedürfen. Ursächlich könnte hier eine unzureichende Verquickung der ersten beiden Phasen der Lehrerinnen- und Lehrerbildung angenommen werden, die eine optimierte Praxisumsetzung (zweite Phase) von angelegtem Theoriewissen (erste Phase) aufgrund personell getrennter Verantwortungen nicht hinreichend zu unterstützen vermag. Anders ausgedrückt: Von Lehrkräften, die das forschend-entwickelnde Unterrichtsverfahren gegebenenfalls nur als akademische Etüde im Hochschulseminar auf drei Vortragsfolien behandelt haben, ohne es selbst im Unterricht durchexerzieren zu können, kann man nicht erwarten, dass sie ‚plötzlich‘ vor dem Hintergrund unbefriedigender Ergebnisse in internationalen (OECD, 2000) oder nationalen Schulleistungsvergleichsstudien (Pant et al., 2013b) ihren Unterricht spontan umstellen. Christiane Reiners spricht dieses offenkundige Missverhältnis zwischen Anspruchshaltung an den Unterricht und seiner ‚Ausstattung‘ bereits im Nachgang der PISA-Erhebung 2000 deutlich an und postuliert aufgrund enttäuschender Ergebnisse des Bildungsmonitorings einen unmittelbaren Auftrag für die chemiedidaktische Forschung und Entwicklung:

Da der Unterricht aber nicht besser sein kann, [sic] als die dafür ausgebildeten Lehrerinnen und Lehrer, stellen die Ergebnisse der [PISA-]Studie insbesondere neue Herausforderungen an die Fachdidaktik. (Reiners, 2002, S. 12)

Um die Leistungsfähigkeit der Schülerinnen und Schüler zu steigern, bedarf es letztendlich einer Orientierung *ad fontes*: Fachdidaktische Forschung und Entwicklung müssen sich (stärker) auf die Bildung von Lehrkräften konzentrieren und hier tragfähige Konzepte entwickeln, die es erlauben, sich wandelnde bildungspolitische bzw. -philosophische Ansätze zeitnah im Unterricht abzubilden. Die Erkenntnis, dass eine Art des Unterrichtens – z. B. das kochbuchartige Abarbeiten von Experimentiervorschriften – zumindest im Hinblick auf Kompetenzorientierung weder effizient noch effektiv verläuft, darf nicht erst durch ein ‚Herauswachsen‘ von einer Lehrkräftegeneration in die nächste zur Umstellung führen, indem die jüngere Generation in der hochschulischen Ausbildung und dem Referendariat für aktualisierte fachdidaktische Erkenntnis sensibilisiert wird. Es *muss* möglich sein, professionelle Kompetenzen auch während der aktiven Dienstzeit einem ‚Update‘ zu unterziehen und somit zeitnah auf gewandelte Bedarfe zu reagieren, zumal unklar ist, inwieweit ein solches ‚Herauswachsen‘ in der aktuellen Struktur tatsächlich stattfindet.

Es gibt wenigstens zwei denkbare Ansätze für ein solches Update, die in zwei bisher weitgehend unabhängig voneinander gewählten Wegen der Förderung von Unterricht

liegen. Beide haben ihre jeweils eigenen Potenziale und Grenzen: Es bedarf (1) verstärkter Anstrengungen in der Entwicklung und Evaluation innovativer Lehrkräftebildungsformate der dritten Phase sowie (2) einer systematischen Untersuchung der Nutzbarmachung und Wirkung von Unterrichtsimpulsen, auf die Lehrkräfte barrierefrei zugreifen können, z. B. in Form von *Open Educational Resources* (OER) (z. B. Neumann, 2015). Beide Aspekte sollen im Folgenden kurz beleuchtet und abschließend ein Vorschlag unterbreitet werden, wie ein Forschungsprogramm aussehen könnte, in dem beide Aspekte miteinander verquickt werden.

2 Experimentieren als Säule naturwissenschaftlicher Grundbildung

Naturwissenschaftliche Grundbildung bezeichnet jenen Anteil einer umfassenden naturwissenschaftlichen Bildung, die jedermann bei der Bewältigung seines bzw. ihres Alltags nützlich sein kann – sei es, um reflektiert Kaufentscheidungen zu treffen, dem politischen Diskurs zu folgen oder einfache naturwissenschaftliche Probleme des Alltags zu lösen (Wie lassen sich die Kleberreste von Etiketten am besten entfernen?). Gerade der Aspekt des prozeduralen Problemlösewissens ist an dieser Stelle von zentraler Bedeutung, da das Wissen um naturwissenschaftliche Erkenntnismethoden optimaler Weise zu einer flexiblen Handlungsbefähigung gemäß des Weinert'schen (2001) Kompetenzbegriffs führt. Der Prozess des Experimentierens sollte von Schülerinnen und Schülern so verinnerlicht werden, dass sie ihn zum Ende der Sekundarstufe I selbständig dekontextualisieren und auf einen neuen, unbekannten Problembereich transferieren können. Das bedeutet, dass sie lernen müssen, die Prozesslogik des experimentellen Vorgehens nachzuvollziehen und selbständig zu gestalten. Darstellungen dieser Prozesslogik sind international über Fachdisziplinen mannigfaltig, lassen sich jedoch in der Regel auf das lehr-lernpsychologische SDDS-Modell (*Scientific Discovery as Dual Search*, Klahr & Dunbar, 1988) zurückführen (vgl. u. a. Emden & Baur, 2017). Für den naturwissenschaftlichen Eingangsunterricht wird der Prozess häufig vereinfachend in einer Abfolge von drei Schritten formuliert (z. B. Hammann, 2004; Klos et al., 2008): (1) Idee/Hypothese formulieren, (2) Versuch planen und durchführen, (3) Schlussfolgerungen ziehen. Dieser basale Dreischritt kann jedoch weiter ausdifferenziert werden – so unterscheiden bspw. Grube, Mayer und Möller (2007) im ersten Schritt zwischen *Fragestellung formulieren*

und *Hypothese aufstellen*, was epistemologisch sinnvoll ist, da im Prozess der Erkenntnisgewinnung in der Regel aus einer offeneren Frage eine fokussierte Ausgangserwartung an das Experiment abgeleitet werden muss. Nichtsdestoweniger gilt zu berücksichtigen, dass insbesondere im naturwissenschaftlichen Anfangsunterricht einfache Strukturen zur allgemeinen Orientierung kognitiv besser geeignet sein dürften als minutiös ausdifferenzierte Phasierungen, deren teils feine Sinnunterscheidungen jüngere Schülerinnen und Schüler leicht überfordern können. So findet sich der vereinfachende Dreischritt, der in keinem Fall als *ultima ratio* zu deuten ist, im Kern (auch international) in bildungspolitischen Rahmensetzungen wieder (Emden, 2011) – sei es für Deutschland in den Bildungsstandards der KMK (2005a-c) oder in den *Next Generation Science Standards* für die USA (NRC, 2011).

Wir verstehen Experimentieren dabei als eine willentliche Beeinflussung ausgewählter Aspekte der Natur, mit dem Ziel hierdurch eine beobachtbare Veränderung herbeizuführen. Dieses Experimentieren lässt sich also in nur drei Schritten beschreiben. Blicke man rezeptartig bei allein diesen drei Schritten stehen, liefe man jedoch Gefahr, dass weitere für die naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung wesentliche Fähigkeiten nicht genügend expliziert werden. Denn die im Kern „willentliche Beeinflussung ausgewählter Aspekte“ fordert vom Experimentator die Fähigkeit, eben diese Aspekte erkennen und gezielt variieren zu können. In der Naturwissenschaftsdidaktik und Problemlöseforschung wird für diese Fähigkeit der Begriff der Variablenkontrollstrategie (VKS) verwendet (z. B. Chen & Klahr, 1999). Sie ist für das Experimentieren in obigem Sinne von größter Bedeutung – denn nur die genaue Kenntnis der kontrollierten und variierten Faktoren eines Experiments erlaubt es überhaupt, kausale Zusammenhänge zu erkennen. Seitens der fachdidaktischen Forschung sind die Möglichkeiten zur Förderung der Variablenkontrollstrategie gut bearbeitetes Terrain (vgl. Ross, 1988; Schwichow et al., 2016b) und es ist bekannt, dass bereits jüngere Schülerinnen und Schüler in diesem Bereich leistungsfähig sein können (z. B. Koerber et al., 2011). In der Schulbuchliteratur für den Chemieunterricht hingegen erscheint das Thema von nachgeordneter Bedeutung und in curricularen Vorgaben wird die Behandlung der Strategie nicht überall explizit eingefordert.

Dies kann ggf. auch darauf zurückzuführen sein, dass Versuchsarrangements in der Chemie häufig schon „von Hause aus“ bzgl. möglicher Variablen reduziert sind und die formalisierte, strenge Kontrolle der verbleibenden Versuchsparameter den Lehrkräften artifiziell erscheint. So wird z. B. die Nachweisreaktion auf Chloridionen im Leitungswasser mit AgNO_3 -Lösung oft positivistisch als sicherer Indikator eingeführt,

ohne potenzielle Störvariablen (z. B. weitere Halogenide, Sulfat, Hydroxid) anzusprechen, deren Vorliegen gleichermaßen zur Niederschlagsbildung führen würden. Nun dürfen Nachweisreaktionen nicht als Experimente im eigentlichen Sinne verstanden werden, da ihnen in der Regel keine wohlfeile Forschungshypothese vorausgeht, doch zeigt sich an diesem Beispiel eine Grundhaltung des Chemieunterrichts, natürliche Systeme (hier: Leitungswasser) entweder unterkomplex zu betrachten (vermeintlich: nur Wasser und Chlorid sind enthalten) oder aufgrund der natürlich vorkommenden „wildem Stoffgemische“ gänzlich auf sie zu verzichten. Zynisch gesprochen: Wo es keine Störvariablen mehr gibt und wo das System schon im Vorhinein auf unabhängige und abhängige Variable reduziert worden ist, erübrigt sich eine formalisierte Strategie zur Variablenkontrolle. Was hier an einer analytischen Fragestellung pointiert worden ist, pflanzt sich in der Folge fort durch Verwendung von reinen Laborchemikalien, die „störfrei“ produziert worden sind, sodass sich die Frage einer besonderen Variablenkontrolle häufig nicht mehr stellt – Potenziale physikochemischer Experimente zu bspw. Reaktionsordnung oder -geschwindigkeit, in denen auch die Kontrolle einer einzigen Variable zu bedeutsamen Messunterschieden führt, bilden hierbei gegebenenfalls eine Ausnahme, sind aber ob der fachwissenschaftlichen Grundlagen eher der Sekundarstufe II vorbehalten. Will der Chemieunterricht jedoch seine Schülerinnen und Schüler bereits in der Sekundarstufe I dazu befähigen, auch im späteren Leben mit chemischen Herangehensweisen Problemlösungen in Angriff zu nehmen, muss er sie auf den stofflich komplexeren Alltag vorbereiten und systematischer über erwartete Abhängigkeiten und potenzielle Störungen reden. Schließlich gibt es auch für den Chemieunterricht Ansätze, die Variablenkontrollstrategie zu vermitteln (z. B. Baur et al., 2017; Scheuermann & Ropohl, 2017), sie müssen nur ihren Weg in die Unterrichtspraxis finden.

3 Lehrkräftebildung der dritten Phase

Einer von zwei ‚klassischen‘ Wegen, (neue) Inhalte und Ansätze in die Unterrichtspraxis zu bringen, liegt in der Durchführung von Lehrkräftefortbildung. Die häufig halb- oder ganztägig organisierten Veranstaltungen erlauben Lehrkräften auch gegenüber der Dienstaufsicht zu belegen, dass sie ihren festgelegten Fortbildungsverpflichtungen nachkommen und aktiv den eigenen Unterricht entwickeln. Die Rahmenbedingungen

hierfür sind zwischen den Bundesländern hoch verschieden (Richter et al., 2012): Je nach Bundesland und zuständiger Schulaufsichtsbehörde können Fortbildungsangebote zentral erfasst und ausgeschrieben werden oder Lehrkräfte wählen ihren eigenen Bedarfen entsprechend frei aus einem dezentralen Angebot aus. Über die Freistellung zur Teilnahme entscheidet häufig die Schulleitung, wobei in der Regel Stundenausfall möglichst minimiert werden sollte. Eine Mindestteilnahme an Fortbildungen ist in der Mehrzahl der Bundesländer nicht vorgesehen (ebd.) und über Inhalte, Dauer und Häufigkeit besuchter Fortbildungen besteht meist keine Rechenschaftspflicht. Daten zur Teilnahmequote an Fortbildungen zeigen hohe Werte für Lehrkräfte der mathematisch-naturwissenschaftlichen Fächer (jeweils >84 %, Richter et al., 2013); wenig ist jedoch darüber bekannt, in welchem Maße die Angebote der Lehrkräftebildung der dritten Phase tatsächlich im Unterricht wirksam werden (Lipowsky, 2014). Es besteht Grund zur Annahme, dass ein nicht geringer Teil der Fortbildungsangebote tendenziell kritisch wahrgenommen wird und in ihnen nicht immer die Erwartungen erfüllt werden, die bei Einwahl in ein Angebot bestanden (s. a. Lipowsky 2014, Richter et al., 2013). Empirische Evaluationen von Lehrkräftefortbildungen legen darüber hinaus nahe, dass für die Beurteilung einer Fortbildung entscheidend ist, ob es zum Gespräch zwischen Kolleginnen und Kollegen kommen konnte und ob konkrete Unterrichtsimpulse zur Vervielfältigung ausgegeben wurden (Daus et al., 2004; Ropohl, Schönau & Parchmann, 2016). Demgegenüber zeichnen formulierte Bedarfe an Fortbildung ein differenziertes Bild und spiegeln ein Interesse an Fachinhalten und Unterrichtsmethoden, die in der Evaluation nicht mehr so deutlich zutage tritt (Ropohl et al., 2016).

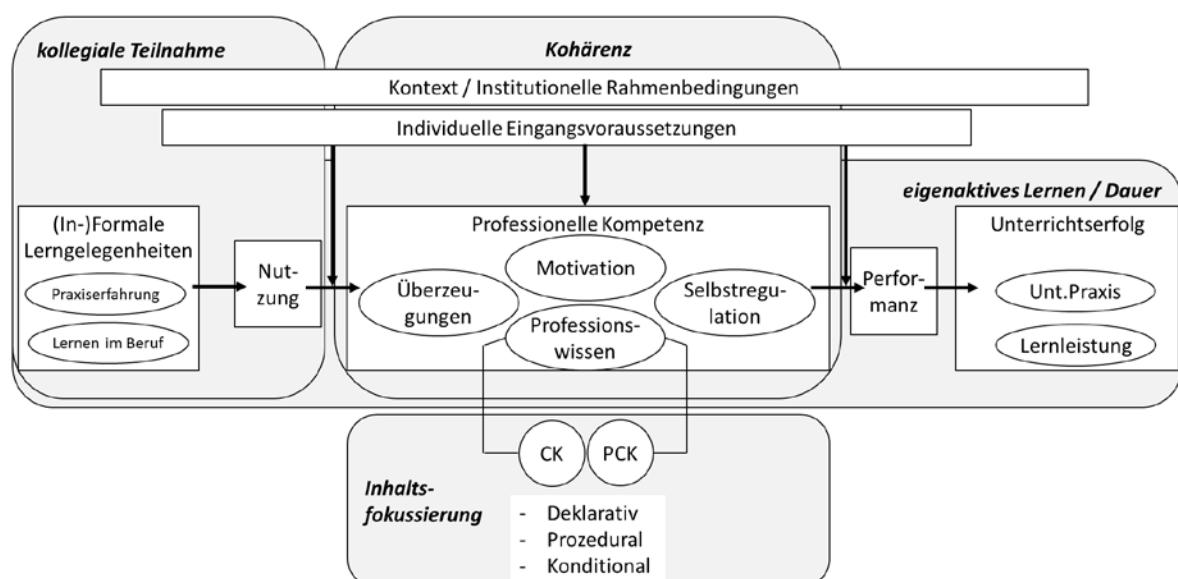


Abbildung 1: Gestaltungs- und Wirkmodell effektiver Lehrkräftebildung (Emden & Baur, 2016).

Insgesamt scheint ein Missverhältnis zwischen der Teilnahme an kurzfristigen (höchstens eintägigen) Lehrkräftefortbildungsveranstaltungen und dem Transfer der Inhalte in den Unterricht zu bestehen. Dies führt mittelfristig zu Frustrationen auf beiden Seiten – Fortbildner zweifeln an ihrem ‚Impact‘ und die Fortgebildeten nehmen die Angebote zunehmend als Zeitverschwendung wahr. Dabei gibt es in der Tat gute Hinweise darauf, was den Erfolg einer Lehrkräftefortbildung – insbesondere hinsichtlich der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung – positiv beeinflusst. Emden und Baur (2017) haben aufbauend auf Ergebnissen der US-amerikanischen Evaluationsforschung (z. B. Garet et al., 2001; Capps, Crawford & Constanas, 2012) sowie konzeptionellen Ansätzen der deutschen Fortbildungsforschung (z. B. Lipowsky, 2004, 2014) ein heuristisches Gestaltungs- und Wirkmodell für Lehrkräftebildung vorgeschlagen (Abb. 1). Für zentrale Annahmen des Modells konnten an anderer Stelle bereits bestätigende Hinweise gefunden werden (z. B. Lotter et al., 2016; Gess-Newsome et al., 2017; Mahler, Großschedl & Harms, 2017), andere bedürfen weiterer Überprüfung.

Lehrkräftebildung, die mithilfe des Modells geplant wird, sollte mehrere Arbeitstermine umfassen (**Dauer**), sodass Lehrkräfte selbst Aspekte des neu Gelernten ausprobieren können (**eigenaktives Lernen**) und bei möglichen Adaptionen weiter bei den Fortbildnern Unterstützung einholen können. Die Fortbildungsinhalte sollten klar bezogen sein (**Inhaltsfokussierung**) auf einen bzw. wenige Aspekte des Professionswissens, der bzw. die sowohl in einer Erweiterung des Fachwissens (Content Knowledge – CK) als auch des fachdidaktischen Wissens (Pedagogical Content Knowledge – PCK) bestehen kann bzw. können. Diese Bezüge sollten bruchfrei auf die Bedarfe und Anforderungen des eigenen Unterrichts übertragbar sein (**Kohärenz**), sodass keine Fortbildung ‚gegen den Strich‘ erfolgt. Schlussendlich sollten die Lern- und Arbeitsprozesse im kollegialen Diskurs erfolgen (**kollegiale Teilnahme**), der einerseits den Aspekt der Kohärenz zu unterstützen vermag und andererseits die unterrichtspraktische Perspektive in einer Art mit in die Fortbildung einbezieht, die dem universitär verorteten Fachdidaktiker nicht ohne Weiteres offen steht. Jeder einzelne dieser Aspekte kann – dem Pfadmodell von Garet und Kollegen (2001) folgend – positiv sowohl direkt auf das Professionswissen der Lehrkräfte als auch mittelbar auf deren Unterrichtshandeln wirken, welches sich wiederum in einer Steigerung von Lernendenleistung niederschlagen sollte.

Im Modell von Emden und Baur (2017) wird die Entwicklung professioneller Kompetenz im Horizont des COACTIV-Kompetenzmodells skizziert (vgl. Baumert & Kunter, 2011; Kunter et al., 2011): Bei der Ausbildung einer professionellen Persönlichkeit wirken u. a.

Aspekte des Professionswissens sowie der individuellen Werthaltungen zusammen. Je nachdem, welcher Aspekt der professionellen Kompetenz stärker in einer Fortbildung angesprochen werden muss, dürften sich daher unterschiedliche Forderungen an den zeitlichen Umfang einer Fortbildung ergeben. Denn ist eine moderierende oder mediierende Wirkung der Werthaltungen der Lehrkraft bezüglich eines Fortbildungsinhalts auf das spätere Unterrichtshandeln feststellbar, muss sich die Fortbildung dieses Einflusses annehmen, um eine Übersetzung in den Unterricht besser unterstützen zu können. Dies wird wahrscheinlich vor allem bei solchen Gegenständen der Fall sein, die auf eine Anpassung der Unterrichtspraxis ausgerichtet sind (eher Aspekte des PCK) und ggf. die Aufgabe von vertrauten Routinen erfordern. Handelt es sich beim Fortbildungsinhalt hingegen um ein fachwissenschaftliches ‚Update‘ (CK), d. h. für die Lehrkraft bisher unbekannte Fachinformationen, die sich widerspruchsfrei in den bestehenden Fachwissensschatz einordnen lassen, kann die Fortbildung ggf. auch kürzer angelegt sein. Es gilt daher mit zweierlei Maß zu messen: Die Vermittlung des Experimentierens und damit der Variablenkontrollstrategie im Sinne der Kompetenzorientierung erfordert einen grundsätzlich anderen Unterricht als das Rezept-Experimentieren der Vergangenheit – hier gilt es Lehrkräfte beim Lernen und Umsetzen längerfristig zu unterstützen, sodass sich ihre Sicherheiten in neue Unterrichtsroutinen entwickeln können. Die Aktualisierung des fachwissenschaftlichen Wissensstands, z. B. zur Interpretation der Fehlingreaktion bzw. schulgängiger Alternativen dazu (z. B. Fleischer, 2017a, 2017b), kann hingegen von Lehrkräften allein nachbereitet werden ohne besondere Betreuung, sodass an dieser Stelle auch der traditionelle Halbtagesworkshop wirksam sein kann.

4 Frei verfügbare Unterrichtsimpulse: Open Educational Resources (OER)

Der zweite Weg, auf dem versucht wird, den Unterricht aktuell und auf qualitativ hohem Standard zu halten, besteht in der Erarbeitung und Bereitstellung didaktisierter Unterrichtsimpulse. Dies kann entweder durch die Lehrmittelverlage in Ergänzung zu bestehenden Lehrwerken selbst geschehen und ist dann in der Regel kostenpflichtig; oder es kann durch das Angebot kostenfreier Unterrichtsmaterialien erfolgen (z. B. Hübinger & Sumfleth, 2006a-d; Emden & Sumfleth, 2009a-c; Schüßler, Emden & Sumfleth, 2015). Angebote, die kostenfrei und weitestgehend barrierefrei zugänglich sind, bspw. über

Internetportale, werden als *Open Educational Resources* (OER) bezeichnet. Die Förderung und der Ausbau dieser OER wird seitens der UNESCO seit dem Jahr 2007 weltweit gefordert (Neumann, 2015, 2016). OER unterliegen in der Regel keiner besonderen Form der Qualitätsprüfung, sodass Lehrkräfte jeweils selbst Unterrichtsmaterialien auf ihre Eignung prüfen und über einen möglichen Unterrichteinsatz entscheiden müssen. Austauschplattformen im Internet sind Manifestationen dieser OER-Idee und sind die informationstechnisch logische Fortführung des Sammelordners im Lehrerzimmer. Doch ebenso wie der Sammelordner ein Zuviel an Kopiervorlagen erleben konnte, droht auch im Internet die Überflutung mit Unterrichtsimpulsen unterschiedlichster Provenienz und teils fragwürdiger Qualität.

Eine Marktsichtung von Neumann zeigt für 2016 einen Internetbestand von 8.836 (deutschsprachigen) OER im Bereich Chemie an (1,45 % der gesamt erhobenen OER; Physik: 10.158 – 1,66 %; Biologie: 19.623 – 3,21 %). Es ist schlicht unmöglich für einzelne Lehrkräfte oder Fachdidaktiker diese Quellen erschöpfend zu kennen, in ihrer Entwicklung im Blick zu halten, geschweige denn ihre Qualität und ihren Nutzen zu bewerten – zumal der Marktbestand schon in kurzen Zeiträumen deutlich fluktuiert (ebd.). Die Ressourcen sind beliebt und gesucht, wobei für Chemie der Einsatz in der Schule noch als eher randständig zu beurteilen ist (6,5 % der Nennungen geben Einsatz ‚jede Stunde‘ bzw. ‚häufig‘ an; Biologie: 15,5 %, Physik: 26,8%; Neumann, 2015). Besonders geschätzt werden die hohe Aktualität der OER sowie ihre einfache Verfügbarkeit und Angebotsbreite (ebd.; Neumann, 2016). Gleichzeitig besteht auch kritische Distanz bezüglich ihres Nutzens und Einsatzes, sodass viele Chemielehrkräfte tendenziell noch dem Schulbuch den Vorrang einräumen (Neumann, 2015). Viele Nutzer kritisieren, dass OER fehlerhaft sind bzw. eine dem Schulbuch vergleichbare Qualitätssicherung fehlt, sie keine Sicherheit bzgl. urheberrechtsrelevanter Aspekte bieten, die eigentlich geschätzte Vielzahl an Angeboten zur Unübersichtlichkeit führt oder dass die OER nicht kompatibel mit dem Lehrplan sind (Clements & Pawlowski, 2012; Neumann, 2015). Es steht zu befürchten, dass angesichts dieser Ängste in der großen Masse der OER unentdeckte Schätze schlummern, deren Potenzial vor dem Hintergrund schlechter Erfahrungen mit anderen OER nicht voll ausgeschöpft wird.

Auch bezüglich dieses zweiten Wegs des Wissenstransfers in den Unterricht kommt es zu Hürden, die es zu bewältigen gilt: Die Einführung von OER muss Lehrkräften von Anfang an Vertrauen in deren fachwissenschaftliche und -didaktische Qualität vermitteln, was bspw. durch umfangreiche Handreichungen zum Unterrichtseinsatz unterstützt werden

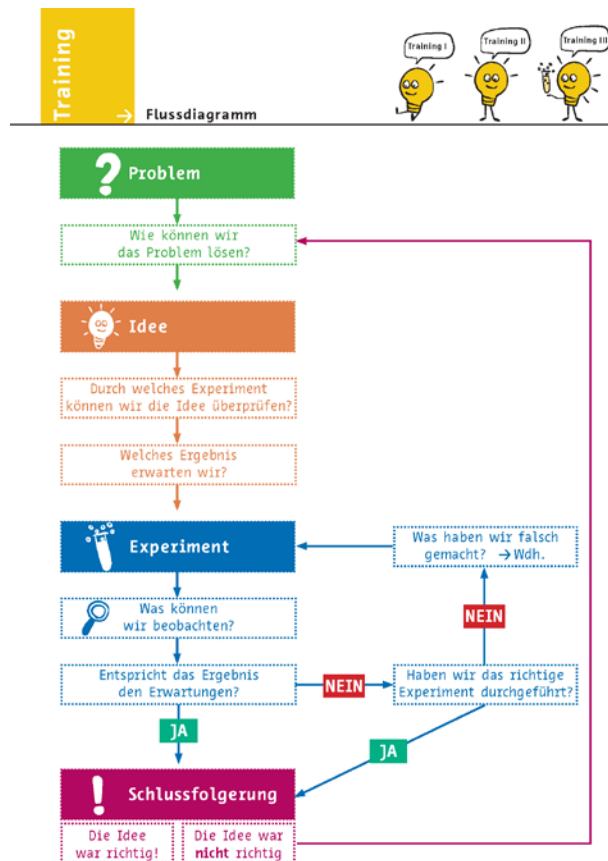


Abbildung 2: Heuristik des Experimentierprozesses (Hübinger, Emden & Sumfleth, 2009).

lehrplankonform einsetzbar ist. Hierfür bedarf es ggf. weiterer Einführungen und der Möglichkeit, Fragen an die Entwickler zu stellen, wie OER gedacht sind (z. B. durch Angabe einer E-Mail-Adresse oder im Zuge einer Fortbildung). Denn je komplexer und theoretisch fundierter Unterrichtsimpulse entwickelt worden sind, desto weniger erschließen sie sich schnell von selbst und widersprechen damit einem Gebot der Zeitökonomie, dem sich Lehrkräfte in besonderem Maße unterworfen sehen.

An einem konkreten Beispiel seien Möglichkeiten und Grenzen von OER illustriert: Hübinger hat angesichts einer nahezu bundesweiten Einführung des Integrationsfachs Naturwissenschaften für die Jahrgangsstufen 5 und 6 in den frühen 2000er Jahren kostenfreie Unterrichtsmaterialien für den Einsatz im kompetenzorientierten Unterricht entworfen (Hübinger & Sumfleth, 2006a-d). Sie hat ausgewählte Lehrkräfte bezüglich des Einsatzes der Materialien fortgebildet und konnte zeigen, dass mit ihren Materialien bessere Lernerfolge im naturwissenschaftlich-experimentellen Arbeiten zu erzielen sind als durch konventionellen Lehrplanunterricht (Hübinger, 2008). Emden hat in einem Folgeprojekt die Materialien ergänzt (Emden & Sumfleth, 2009a-c) und den Ansatz der Förderung naturwissenschaftlich-experimenteller Arbeitsweisen im Dreischritt (vgl. Abb.

kann. Die explizite Ausweisung von Nutzungsrechten (z. B. Creative Commons Lizensierungen) sowie der Rechteangabe von extern eingeholten Materialien muss standardmäßig erfolgen, sodass Lehrkräfte nicht ‚nur mit Bauchschmerzen‘ zu jenen Materialien greifen, die explizit für den Schuleinsatz konzipiert worden sind. Bestehende Zweifel könnten FAQ-analog in einem Disclaimer eines fachdidaktischen Begleitkommentars aufgegriffen werden (Was darf ich mit den Materialien machen? Was darf ich nicht damit machen?). Die OER sollten einem einheitlichen, gut nachvollziehbaren Muster folgen, das im eigenen Unterricht gangbar und

2) ausgebaut, in dem u.a. ein strategisches Training zum Experimentieren mit in das Materialangebot eingebunden wurde, dessen Lernwirksamkeit empirisch belegbar ist (Wahser & Sumfleth, 2008). Zur Nutzung der Materialien liegen freiwillige Rückmeldungen vor, die in der Tendenz bestätigend sind, aber naturgemäß eine Positivauswahl darstellen. Zur Nutzung des frei verfügbar gemachten Trainings liegen keine Erkenntnisse vor, doch ist durchaus denkbar, dass sich Anliegen und Durchführungsmodus nicht von selbst erschlossen haben und daher die Rezeption dieser sinnvollen Ergänzung hinter den Erwartungen zurückgeblieben ist. Vor dem Hintergrund der zur Erarbeitung der Materialien aufgewendeten finanziellen Ressourcen, kann ein solch tendenzielles Im-Sande-Verlaufen sicher nicht zufriedenstellen – ganz zu schweigen von dem verbundenen zeitlichen Aufwand, den Kolleginnen und Kollegen im aktiven Dienst individuell überhaupt nicht aufbringen können und daher auf ein Angebot gut didaktisierter Materialien angewiesen sind.

5 Verquickung der Ansätze zur Förderung der Variablenkontrollstrategie im Unterricht

Sowohl Lehrkräftefortbildung als auch die Erarbeitung von OER zeigen theoretisch vielversprechende Potenziale, um direkt in den Unterricht wirken zu können. Gleichzeitig wird auch deutlich, dass sie in der Realität hinter diesen Potenzialen zurückbleiben. Denkbar ist, die beiden Wege des Wissenstransfers miteinander zu kombinieren und so ihre gegenseitigen Stärken synergetisch zu nutzen: Der entlastende, vorgefertigte Materialentwurf zum Mitnehmen (OER) wird theoretisch fundiert begleitet (Fortbildung), wobei die Möglichkeit zur Nachfrage besteht und ein unterrichtspraktisches Exempel für die ‚lehre‘ Theorie angeboten wird.

Konkret ist dabei an Fortbildungen zu denken, in denen Lehrkräfte an mehreren Terminen (**Dauer**) zunächst in die Heuristik des Experimentierens (gemäß SDDS) eingeführt werden und ein Fokus auf die Einführung und Berücksichtigung der Variablenkontrollstrategie (z. B. Schwichow et al., 2016b) gelegt wird. Lehrkräfte werden hierbei sowohl in die fachdidaktischen und erkenntnistheoretischen Grundlagen eingeführt (**Inhaltsfokussierung**), als auch zur Identifikation von Anknüpfungspunkte im eigenen Unterricht aufgefordert (**Kohärenz**). Die vorgestellten Materialien unterstützen sie dabei insofern, dass sie diese im eigenen Unterricht erproben und ggf. adaptieren können (**eigenaktives**

Lernen), wobei die Einzelerfahrungen in der Fortbildungsgruppe fruchtbar gemacht werden (*kollegiale Teilnahme*). Die Materialimpulse (OER) können so in deutlich komplexerer Form auf ein Verständnis von naturwissenschaftlich-experimentellem Arbeiten sowie Elementen der Variablenkontrollstrategie aufbauen, da möglichen Verständnisschwierigkeiten im direkten Kontakt in der Fortbildung begegnet werden kann. Dieser Rückgriff auf eine komplexere Theorie, die von den Fortbildungsteilnehmerinnen und -teilnehmern notwendigerweise mit erarbeitet wird, erlaubt ihnen in der Folge die freiere Beweglichkeit innerhalb der Materialimpulse, da sie optimaler Weise zu jedem Zeitpunkt die Intention der Materialien deuten und ggf. auf ihre eigenen Bedarfe anpassen können (Wieso muss zwischen Fragestellung und Hypothese unterschieden werden? Ist das ‚Verbalkosmetik‘ in der Darstellung der OER oder gibt es eine epistemologische Begründung dafür?). Einem ‚dem-Material-ausgeliefert-sein‘, das sich bei nicht-selbsterklärenden OER einstellen und so die Motivation zu dessen Einsatz negativ beeinflussen kann, wird damit vorgebeugt.

Aus dieser Synthese könnte sich ein wechselseitiger Gewinn ergeben: Materialimpulse, die mit viel Engagement und hohem Finanzaufwand entwickelt worden sind, fänden (endlich) ihren Weg in die Unterrichtspraxis, während die Fortbildung ihren Gegenstand gleichzeitig illustrieren, dokumentieren und für den Unterrichtseinsatz flexibilisieren kann und dadurch konkrete Handreichungen für die Chemiestunden vor Ort bietet. Unklar bleibt jedoch, woher genau verstetigte Ressourcen für dieses Modell kommen können.

6 Abschlussbemerkungen

Die vorgestellten Wege des Wissenstransfers sind – auch in den Naturwissenschaften – vermeintlich gut beschritten. Erstaunlich wenig ist aber über ihre mittelbare Unterrichts- und Lernwirksamkeit bekannt. Für den Bereich der Lehrkräftefortbildung formulieren Hasselhorn und Kollegen (2014) das Desiderat der systematischeren Erforschung. Emden und Baur (2017) greifen dies in einem Modell auf, dessen Validität in einer angeschlossenen Studie für den Bereich des naturwissenschaftlich-experimentellen Arbeitens untersucht wird (Emden & Baur, 2016). Die aktuelle Praxis des Ausbringens von Lehrkräftebildung nach dem Gießkannenprinzip muss wenigstens kritisch gewürdigt werden – besser noch wäre ein Neuansatz, der den Finanziers und Nutzern von Lehrkräftebildung besser gerecht würde. Ebenso gilt es die Phasierung der

Lehrkräftebildung zu überdenken und eine stärkere, auch personelle, Verschränkung der Phasen miteinander anzustreben, sodass Lehrerbildung aus einem Guss entsteht, die ein Berufsleben lang zeitgemäße chemiedidaktische Theorie und Unterrichtspraxis zu verquicken weiß, ohne dass es zu Zuständigkeitsdisputen kommt.

Bezüglich der Nutzung von OER gibt es jenseits der Befragung von Neumann (2015), der es leider an Aussagen zur unterrichtspraktischen Wirksamkeit mangelt, aktuell keine belastbaren Daten. Obwohl der Markt an OER – auch in den Naturwissenschaften – floriert, wissen wir nichts über ihren Nutzen und ihre Nützlichkeit. Hier bedarf es weitergehender Forschung, die aufklärt, ob und unter welchen Umständen die OER im Unterricht wirksam werden. Denn es sind nicht nur mittelbar die Bildungsressourcen der nutzenden Schülerinnen und Schüler, die infrage stehen. In erster Linie geht es auch um persönliche und finanzielle Ressourcen, die bei der Erstellung von OER in teils erklecklichem Maße ausgeschöpft werden. Kann es sich die naturwissenschaftsdidaktische Forschung auf lange Sicht wirklich leisten, über diesen Ressourceneinsatz keine Rechenschaft abzulegen? Wohl kaum.

Literatur

- Baumert, J. & Kunter, M. (2011). Das Kompetenzmodell in COACTIV. In M. Kunter, J. Baumert, W. Blum, U. Klusmann, S. Krauss & M. Neubrand (Hrsg.), *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV* (S. 29–53). Münster: Waxmann.
- Baur, A., Ehrenfeld, U., Hummel, E., Emden, M., & Krieg, A. (2017). *Naturwissenschaften zum Leben erwecken: Chemie*. Hamburg: Persen Verlag.
- Bybee, R. W. (2002). Scientific Literacy: Mythos oder Realität? In W. Gräber, P. Nentwig, T. Koballa & R. H. Evans (Hrsg.), *Scientific Literacy. Der Beitrag der Naturwissenschaften zur Allgemeinen Bildung* (S. 21–43). Opladen: Leske + Budrich.
- Capps, D. K., Crawford, B. A., & Constanas, M. A. (2012). A Review of Empirical Literature on Inquiry Professional Development. *Journal of Science Teacher Education*, 23 (3), 291–318.
- Chen, Z. & Klahr, D. (1999). All Other Things Being Equal: Acquisition and Transfer of the Control of Variables Strategy. *Child Development*, 70 (5), 1098–1120.

- Clements, K. I. & Pawlowski, J. M. (2012). User-oriented quality for OER: Understanding teachers' views on re-use, quality, and trust. *Journal of Computer Assisted Learning*, 28 (1), 4-14.
- Daus, J., Pietzner, V., Höner, K., Scheuer, R., Melle, I., Neu, C. et al. (2004). Untersuchung des Fortbildungsverhaltens und der Fortbildungswünsche von Chemielehrerinnen und Chemielehrern. *Chemkon*, 11 (2), 76-85.
- Emden, M. (2011). *Prozessorientierte Leistungsmessung des naturwissenschaftlich-experimentellen Arbeitens*. Berlin: Logos.
- Emden, M. & Baur, A. (2017). Effektive Lehrkräftebildung zum Experimentieren: Entwurf eines integrierten Wirkungs- und Gestaltungsmodells. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 23, 1-19.
- Emden, M. & Baur, A. (2016). Lehrerbildung: Schulwerkstatt ‚Erkenntnisorientiertes Experimentieren‘. In C. Maurer (Hrsg.), *Authentizität und Lernen. Das Fach in der Fachdidaktik* (S. 575–577). Regensburg: Universität Regensburg.
- Emden, M. & Sumfleth, E. (2009a). *Baustein F. Steckbrief Wasser*. Materialien für den naturwissenschaftlichen Unterricht für die Klassen 5/6. Berlin: Schering Stiftung.
- (2009b). *Baustein G. Lebensraum Wasser*. Materialien für den naturwissenschaftlichen Unterricht für die Klassen 5/6. Berlin: Schering Stiftung.
- (2009c). *Baustein H. Lebensmittel Wasser*. Materialien für den naturwissenschaftlichen Unterricht für die Klassen 5/6. Berlin: Schering Stiftung.
- Fleischer, H. (2017a). Die „Iod-Probe“ als Alternative zur Fehling- und Benedict-Probe. *Chemkon*, 24 (3), 119-123.
- Fleischer, H. (2017b). Fehlinterpretation der Fehling-Probe auf reduzierende Zucker: *Chemkon*, 24 (1), 27-30.
- Garet, M. S., Porter, A. C., Desimone, L., Birman, B. F., & Yoon, K. Suk. (2001). What Makes Professional Development Effective? Results From a National Sample of Teachers. *American Educational Research Journal*, 38 (4), 915-945.
- Gess-Newsome, J., Taylor, J. A., Carlson, J., Gardner, A. L., Wilson, C. D., & Stuhlsatz, M. A. M. (2017). Teacher pedagogical content knowledge, practice, and student achievement. *International Journal of Science Education*, 1-20.
- Grube, C., Möller, A., & Mayer, J. (2007). Dimensionen eines Kompetenzstrukturmodells zum Experimentieren. In: H. Bayrhuber al. (Hrsg.), *Ausbildung und Professionalisierung von Lehrkräften* (S. 31-34.), Kassel.

- Hammann, M. (2004). Kompetenzentwicklungsmodelle. Merkmale und ihre Bedeutung - dargestellt anhand von Kompetenzen beim Experimentieren. *MNU*, 57 (4), 196-203.
- Hasselhorn, M., Köller, O., Maaz, K., & Zimmer, K. (2014). Implementation wirksamer Handlungskonzepte im Bildungsbereich als Forschungsaufgabe. *Psychologische Rundschau*, 65 (3), 140-149.
- Hofstein, A. & Lunetta, V. N. (1982). The Role of the Laboratory in Science Teaching: Neglected Aspects of Research. *Review of Educational Research*, 52 (2), 201-217.
- Hopf, M. (2007). *Problemorientierte Schülerexperimente*. Berlin: Logos.
- Hübinger, R. (2008). *Schüler auf Weltreise. Entwicklung und Evaluation von Lehr-/Lernmaterialien zur Förderung experimentell-naturwissenschaftlicher Kompetenzen für die Jahrgangsstufen 5 und 6*. Berlin: Logos.
- Hübinger, R., Emden, M., & Sumfleth, E. (2009). „Mein Körper und ich auf Weltreise.“ & „Wasser – die vielen Gesichter eines Stoffes.“. Materialien für den naturwissenschaftlichen Unterricht für die Klassen 5/6. Berlin: Schering Stiftung.
- Hübinger, R. & Sumfleth, E. (2006a). *Baustein A. Wetter in anderen Regionen der Erde*. Materialien für den naturwissenschaftlichen Unterricht für die Klassen 5/6. Berlin: Schering Stiftung.
- (2006b). *Baustein BC. Temperaturmessung, Energie und Körper*. Materialien für den naturwissenschaftlichen Unterricht für die Klassen 5/6. Berlin: Schering Stiftung.
- (2006c). *Baustein DE. Ernährung - Energie: Auswahl des Reiseproviant, Nährstoffe*. Materialien für den naturwissenschaftlichen Unterricht für die Klassen 5/6. Berlin: Schering Stiftung.
- (2006d). „Mein Körper und ich auf Weltreise“. Materialien für den naturwissenschaftlichen Unterricht für die Klassen 5/6. Berlin: Schering Stiftung.
- Kirschner, P. A., Sweller, J., & Clark, R. E. (2006). Why Minimal Guidance During Instruction Does Not Work: An Analysis of the Failure of Constructivist, Discovery, Problem-Based, Experiential, and Inquiry-Based Teaching. *Educational Psychologist*, 41 (2), 75-86.
- Klahr, D. & Dunbar, K. (1988). Dual Space Search During Scientific Reasoning. *Cognitive Science*, 12, 1-48.
- Klieme, E. et al. (2003). *Zur Entwicklung nationaler Bildungsstandards - Expertise*. Bildungsforschung. Bonn, Berlin: BMBF.

- Klos, S., Henke, C., Kieren, C., Walpuski, M., & Sumfleth, E. (2008). Naturwissenschaftliches Experimentieren und chemisches Fachwissen. *Zeitschrift für Pädagogik*, 54 (3), 304-321.
- Koenen, J. (2014). *Entwicklung und Evaluation von experimentgestützten Lösungsbeispielen zur Förderung naturwissenschaftlich-experimenteller Arbeitsweisen*. Berlin: Logos.
- Koerber, S., Sodian, B., Kropf, N., Mayer, D., & Schwippert, K. (2011). Die Entwicklung des wissenschaftlichen Denkens im Grundschulalter. *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, 43 (1), 16-21.
- Kunter, M., Kleickmann, T., Klusmann, U., & Richter, D. (2011). Die Entwicklung professioneller Kompetenz von Lehrkräften. In M. Kunter, J. Baumert, W. Blum, U. Klusmann, S. Krauss & M. Neubrand (Hrsg.), *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV* (S. 55–68). Münster: Waxmann.
- Lipowsky, F. (2004). Was macht Fortbildung für Lehrkräfte eigentlich erfolgreich? *Die Deutsche Schule*, 96 (4), 462-479.
- Lipowsky, F. (2014). Theoretische Perspektiven und empirische Befunde zur Wirksamkeit von Lehrerfort- und -weiterbildung. In E. Terhart, H. Bennewitz & M. Rothland (Hrsg.), *Handbuch der Forschung zum Lehrerberuf* (S. 511–541). Münster: Waxmann.
- Lotter, C., Smiley, W., Thompson, S., & Dickenson, T. (2016). The impact of a professional development model on middle school science teachers' efficacy and implementation of inquiry. *International Journal of Science Education*, 38 (18), 2712-2741.
- Mahler, D., Großschedl, J., & Harms, U. (2017). Using doubly latent multilevel analysis to elucidate relationships between science teachers' professional knowledge and students' performance. *International Journal of Science Education*, 39 (2), 213-237.
- Mayer, R. E. (2004). Should There Be a Three-Strikes Rule Against Pure Discovery Learning? The Case for Guided Methods of Instruction. *American Psychologist*, 59 (1), 14-19.
- National Research Council [NRC] (Hrsg.). (2011). *A Framework for K–12 Science Education*. Washington, D.C.: National Academy Press.
- Neumann, D. (2015). *Bildungsmedien Online: Kostenloses Lehrmaterial aus dem Internet: Marktsichtung und empirische Nutzungsanalyse*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Neumann, D. (2016). *Open Educational Resources (OER) oder Kostenloses Lehrmaterial aus dem Internet: Marktanalyse 2016 und Aktualisierung der Diskussion*. Verfügbar unter: http://www.pedocs.de/volltexte/2016/12671/pdf/Neumann_2016_OER.pdf [16.8.2017].
- Organisation for Economic Co-Operation and Development [OECD] (Hrsg.). (2000). *Measuring Student Knowledge and Skills: The PISA 2000 Assessment of Reading, Mathematical and Scientific Literacy*. Paris: OECD.

- Pant, H. A., Stanat, P., Schroeders, U., Roppelt, A., Siegle, T. & Pöhlmann, C. (Hrsg.). (2013a). *IQB-Ländervergleich 2012: Mathematische und naturwissenschaftliche Kompetenzen am Ende der Sekundarstufe I*. Münster: Waxmann (Zusatzmaterialien). Verfügbar unter: <http://www.iqb.hu-berlin.de/laendervergleich/laendervergleich/lv2012/Zusatzmaterialie.pdf>.
- Pant, H. A., Stanat, P., Schroeders, U., Roppelt, A., Siegle, T. & Pöhlmann, C. (Hrsg.). (2013b). *IQB-Ländervergleich 2012: Mathematische und naturwissenschaftliche Kompetenzen am Ende der Sekundarstufe I*. Münster, New York, München, Berlin: Waxmann.
- Reiners, C. S. (2002). Auf dem (Irr-)Weg zu naturwissenschaftlichen Arbeits- und Denkweisen: Eine fachdidaktische Reflexion. *Chemkon*, 9 (3), 136-140.
- Reiners, C. S. (Hrsg.). (2017). *Chemie vermitteln: Fachdidaktische Grundlagen und Implikationen*. Lehrbuch. Berlin, Heidelberg: Springer Spektrum.
- Richter, D., Kuhl, P., Haag, N., & Pant, H. Anand. (2013). Aspekte der Aus- und Fortbildung von Mathematik- und Naturwissenschaftslehrkräften im Ländervergleich. In H. A. Pant, P. Stanat, U. Schroeders, A. Roppelt, T. Siegle & C. Pöhlmann (Hrsg.), *IQB-Ländervergleich 2012. Mathematische und naturwissenschaftliche Kompetenzen am Ende der Sekundarstufe I* (S. 367–390). Münster: Waxmann.
- Richter, D., Kuhl, P., Reimers, H., & Pant, H. Anand. (2012). Aspekte der Aus- und Fortbildung von Lehrkräften in der Primarstufe. In P. Stanat, H. A. Pant, K. Böhme & D. Richter (Hrsg.), *Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern am Ende der vierten Jahrgangsstufe in den Fächern Deutsch und Mathematik. Ergebnisse des IQB-Ländervergleichs 2011* (S. 237–250). Münster: Waxmann.
- Ropohl, M., Schönau, K., & Parchmann, I. (2016). Welche Wünsche und Erwartungen haben Lehrkräfte an aktuelle Forschung als Gegenstand von Fortbildungsveranstaltungen? *Chemkon*, 23 (1), 25-33.
- Ross, J. A. (1988). Controlling Variables: A Meta-Analysis of training Studies. *Review of Educational Research*, 58 (4), 405-437.
- Scheuermann, H. & Ropohl, M. (2017). Abhängige Variable, unabhängige Variable, Störvariable!? Die Einführung der Variablenkontrollstrategie. *Naturwissenschaften im Unterricht - Chemie*, 28 (158), 19-23.
- Schmidkunz, H. & Lindemann, H. (1995). *Das forschend-entwickelnde Unterrichtsverfahren: Problemlösen im naturwissenschaftlichen Unterricht* (4. Aufl.). Magdeburg: Westarp Wissenschaften. (Originalarbeit erschienen 1976).

- Schüßler, K., Emden, M. & Sumfleth, E. (Hrsg.). (2015). *Lösungsbeispiele zu Inhalten des Chemieunterrichts der Sekundarstufe I*. Essen: Müller-Reitz-Stiftung. Verfügbar unter: http://www.uni-due.de/chemiedidaktik/09_sonstiges_downloads_loesungsbeispiele.php.
- Schwichow, M., Croker, S., Zimmerman, C., Höffler, T., & Härtig, H. (2016a). Teaching the control-of-variables strategy: A meta-analysis. *Developmental Review*, 39, 37-63.
- Schwichow, M.; Croker, S.; Zimmerman, C.; & Härtig, H. (2016b). What Students Learn from Hands-on Activities. *Journal of Research in Science Teaching*, 53(7), 980-1002.
- Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland [KMK]. (2005a). *Bildungsstandards im Fach Biologie für den Mittleren Schulabschluss*. München: Luchterhand.
- (2005b). *Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss*. München: Luchterhand.
- (2005c). *Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss*. München: Luchterhand.
- Sumfleth, E., Rumann, S., & Nicolai, N. (2004). Kooperatives Arbeiten im Chemieunterricht. K. Klemm (Hrsg.), *Essener Unikate* (S. 75-85). Essen: Universität Duisburg-Essen.
- Wahser, I. & Sumfleth, E. (2008). Training experimenteller Arbeitsweisen zur Unterstützung kooperativer Kleingruppenarbeit im Fach Chemie. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 14, 219-241.
- Weinert, F. E. (2001). Vergleichende Leistungsmessung in Schulen – eine umstrittene Selbstverständlichkeit. In F. E. Weinert (Hrsg.), *Leistungsmessung in Schulen* (Bd. 2, S. 17–31). Weinheim, Basel: Beltz-Verlag.

Prof. Dr. Markus Emden hat in Marburg Chemie und Englisch studiert und dort 2007 sein zweites Staatsexamen abgelegt. Im Jahr 2011 wurde er an der Universität Duisburg-Essen in Chemiedidaktik promoviert. Von 2014 bis 2018 war er Juniorprofessor für naturwissenschaftliche Bildung an der Pädagogischen Hochschule Schwäbisch Gmünd. Seit 2018 ist er Inhaber einer Professur für Didaktik Naturwissenschaften an der Pädagogischen Hochschule Zürich. Seine Arbeitsschwerpunkte liegen im Bereich des naturwissenschaftlich-experimentellen Arbeitens sowie der Lehrkräftebildung in den naturwissenschaftlichen Unterrichtsfächern.



Prof. Dr. Markus Emden
Pädagogische Hochschule Zürich
Didaktik der Naturwissenschaften
Lagerstrasse 2
CH-8090 Zürich
markus.emden@phzh.ch

Prof. Dr. Hendrik Härtig hat in Essen Physik und Sozialwissenschaften auf Lehramt studiert und dort auch in der Forschergruppe „Naturwissenschaftlicher Unterricht“ 2010 bei Hans E. Fischer promoviert. Von 2011 bis 2016 war er Juniorprofessor für Didaktik der Physik am Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften und Mathematik (IPN) in Kiel. Seit 2016 ist er Professor für Didaktik der Physik in Essen. Seine Forschungsinteressen haben aktuell einen Schwerpunkt im Hinblick auf den Erwerb naturwissenschaftlich-experimenteller Kompetenz und auf den Einfluss der Sprache im Physikunterricht.



Prof. Dr. Hendrik Härtig
Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Physik
Universitätsstraße 2
45117 Essen
hendrik.haertig@uni-due.de

Bereiten wir genügend auf MINT-Berufe vor?

Philipp Diebels und Gisela Lück

Zusammenfassung:

In Zeiten eines erhöhten Bedarfes an MINT-Fachkräften ist ein Blick auf die Berufsvorbereitung seitens der allgemeinbildenden Schulen interessant: Berufsorientierung zählt nämlich nicht nur zu den zentralen schulischen Aufgaben, sondern soll auch im Fachunterricht thematisiert werden. Die curricularen Vorgaben dazu ergeben sich aus den jeweiligen Lehrplänen. Im Rahmen dieses Artikels werden Ergebnisse einer bundesweiten Lehrplananalyse vorgestellt, bei der untersucht wurde, inwieweit Berufsbezüge in die Chemie-Lehrpläne für die Sekundarstufe I eingearbeitet sind, wie häufig sich diese finden lassen und viel bedeutender, in welchen chemischen Sinnzusammenhängen und Kontexten die Implementierung erfolgt.

Stichworte:

MINT-Fachkräfte, Berufsorientierung, Lehrplananalyse

1 Einleitung

Der wirtschaftliche Erfolg Deutschlands basiert auf einer exportstarken Industrie, die besonders von der Innovationskraft der wichtigen MINT-Bereiche (Mathematik, Informatik, Natur- und Technikwissenschaften) abhängig ist. Damit diese Technologiestärke auch zukünftig erhalten bleibt, bedarf es gut ausgebildeter Fachkräfte. Allerdings bestehen derzeit in vielen MINT-Berufen Engpässe bei der Besetzung von offenen Stellen (Bundesagentur für Arbeit, 2016, S. 4). So zeigte sich Ende April 2016 eine für alle MINT-Erwerbsberufe umfassende Lücke von etwa 171.400 Personen (Institut der deutschen Wirtschaft Köln, 2016, S. 6). Aufgrund der demographischen und wirtschaftlichen Entwicklung des Landes ist davon auszugehen, dass sich v.a. der Mangel an Fachkräften mit beruflicher Ausbildung zukünftig verschärft (Lange et al., 2015, S. 35f.). Daher sollte die Nachwuchskräftesicherung im MINT-Bereich nicht nur bundespolitisch eine zentrale Rolle einnehmen.

Einen bedeutenden Beitrag zur Vorbereitung der Schülerinnen und Schüler auf MINT-Berufe können die allgemeinbildenden Schulen leisten, indem die Jugendlichen auf dem Weg der Berufsorientierung maßgeblich begleitet und unterstützt werden. Dazu ist die

Entwicklung von entsprechenden Schul- und Fachcurricula wichtig, um so eine auf die jeweilige Schulform abgestimmte Implementierung der berufsorientierenden Inhalte gewährleisten zu können. Welche curricularen Vorgaben dabei im Fach Chemie gelten, wurde zwar für einzelne Bundesländer wie Niedersachsen oder Berlin ausführlich beschrieben (Haucke, 2013, S. 17ff.; Albertus, 2015, S. 41f.), eine bundesweite Lehrplananalyse wurde bislang aber noch nicht vorgenommen.

2 Berufliche Orientierung an allgemeinbildenden Schulen

Für eine erfolgreiche Berufswahl ist eine umfangreiche und verlässliche Orientierung die Grundvoraussetzung (Benner & John, 2011). ‚Berufsorientierung‘ meint dabei einen (lebens-)langen Prozess des Abwägens persönlicher Merkmale (z.B. Fähigkeiten, Interessen oder Ziele) in Bezug auf die Bedingungen der Arbeits- und Berufswelt (Famulla & Butz, 2005; Pampel & Welker, 2011, S. 31). Dementsprechend wird die Wahl des Berufes nicht als einmaliger Vorgang, sondern als langwieriger Prozess verstanden (Arndt, 2013, S. 7f.). Das Individuum befindet sich im Mittelpunkt des Berufswahlprozesses. Es muss lernen eigene Fähigkeiten und Interessen mit seinen Bedürfnissen und Zielen in Einklang zu bringen und so eine Entscheidung über die zukünftige Lebens- und Erwerbsplanung zu treffen. Die Entscheidungsfindung wird dabei von vielen Faktoren beeinflusst, so z.B. den Bedingungen und Anforderungen der Wirtschafts- und Arbeitswelt oder den gesellschaftlichen Werten und Normen (Hoppe, 1980, S. 86).

Um die Jugendlichen auf dem Weg hin zu ihrem individuellen Entschluss zu unterstützen, fällt der allgemeinbildenden Schule die Aufgabe zu entsprechende Lern- und Erfahrungsmöglichkeiten anzubieten. Hierbei ist es wichtig, den kompletten Prozess der beruflichen Orientierung und der daran anknüpfenden Berufswahl zu begleiten.

Daher wurde beispielsweise in Nordrhein-Westfalen nach langjähriger Entwicklung und Erprobung im Schuljahr 2016/17 das neue Übergangssystem „Kein Abschluss ohne Anschluss“ (**KAoA**) landesweit umgesetzt. Das Konzept sieht vor die Schülerinnen und Schüler bereits ab der achten Klasse mit einer Potenzialanalyse aktiv in den Berufswahlprozess einzubinden. Auf deren Grundlage findet dann eine Berufsfelderkundung in mehreren Tagespraktika statt. Diese Annäherungen an die Berufs- und Arbeitswelt werden in der neunten Klasse durch mindestens ein zwei- bis dreiwöchiges Betriebspraktikum vertieft, ehe bis zum Ende der zehnten Jahrgangsstufe der

Übergang in eine Ausbildung oder die Sekundarstufe II sichergestellt werden soll. Den Lehrerinnen und Lehrern kommt im Rahmen der **KAoA**-Konzeption eine Schlüsselfunktion zu: Alle Maßnahmen der schulischen Berufsorientierung werden von ihnen gestaltet und die Schülerinnen und Schüler (auch im Austausch mit deren Eltern) dabei begleitet (Ministerium für Arbeit, Integration und Soziales, 2012, 17f.).

Über solche gezielten Maßnahmen zur Berufsorientierung hinaus, müssen in den Fachcurricula des Standardunterrichts Aspekte zur Berufs- und Studienorientierung eingebunden werden, z.B. durch Definition von Kompetenzbereichen und Lerninhalten, die ab Jahrgangsstufe 8 zu erreichen sind (ebd. 2012, S. 22). Daraus ergeben sich weitreichende Konsequenzen für die schulische Berufsorientierung, da die Umsetzung nicht nur allgemeinschulisch oder in einem gesonderten Unterrichtsfach wie Arbeitslehre, sondern auch im Fachunterricht erfolgen soll. Umso wichtiger ist es also, dass die Fachlehrerinnen und -lehrer berufsorientierende Aspekte als ergänzenden Lerninhalt verstehen und folglich mit in den Chemieunterricht einbinden.

3 Umsetzung im Fachunterricht Chemie

„Berufsorientierung im Chemieunterricht“ war bereits Gegenstand verschiedener chemiedidaktischer Forschungsarbeiten. Neben außerschulischen Lernangeboten wie der „Berufe-NaWigator“-Intervention (Albertus, 2015), hat z.B. Haucke (2013) Unterrichtsmaterialien zu Themen wie Klebstoffen oder Erneuerbaren Energien entwickelt und darüber hinaus Möglichkeiten zur Integration von Berufsorientierung in die universitäre Lehrerbildung aufgezeigt¹. Im Fokus dieser und ähnlicher Beiträge standen fast ausschließlich Berufe der chemischen Industrie wie Chemielaborant/in oder Pharmakant/in. Schülerinnen und Schüler, die die Schule mit einem Hauptschulabschluss verlassen, haben in diesen Berufen allerdings nur sehr geringe Chancen einen Ausbildungsplatz zu erhalten². Daher wurden im Rahmen eines Promotionsvorhabens Experimentiereinheiten zu zielgruppenspezifischen MINT-Engpassberufen konzipiert und

¹ Weitere Beispiele finden sich in Themenheft 140 (Chemie & Beruf) dieser Zeitschrift.

² Im Jahr 2015 besaßen 1% (Chemielaborant/in) bzw. 3% (Pharmakant/in) der Ausbildungsanfänger/innen einen Hauptschulabschluss. Quelle:
<https://berufenet.arbeitsagentur.de/berufenet/faces/index?path=null/suchergebnisse/kurzbeschreibung/schulischvorkenntnisse&dkz=13809&such=chemielaborant> (letzter Zugriff: 26.03.18)

an zwei Haupt- und einer Gesamtschule durchgeführt³. Erste Ergebnisse zeigen, dass trotz geringer theoretischer und praktischer Vorkenntnisse ein hohes Erinnerungsvermögen nicht nur an naturwissenschaftliche Arbeitstechniken und Beobachtungen, sondern auch an die Verknüpfung zwischen Beruf und Fachinhalt festzustellen war.

Grundsätzlich eignen sich verschiedene Möglichkeiten berufsvorbereitende Inhalte mit in den Fachunterricht einzubinden. Zum Abschluss eines Themenfeldes (z.B. Produkte der Chemie) wäre es beispielsweise möglich in einem Gruppenpuzzle unterschiedliche Berufsfelder (z.B. Verfahrensmechaniker/in, Zahntechniker/in, Fachkraft – Lebensmitteltechnik ...) zu erarbeiten und diese anschließend präsentieren zu lassen. Darüber hinaus bieten Betriebserkundungen oder -praktika einen authentischen Einblick in das Berufs- und Arbeitsleben und können im Unterricht entsprechend vor- und nachbereitet werden. Ergänzend dazu kann das Internet für vertiefende Recherchen genutzt werden; Schulbücher eignen sich allerdings oftmals nicht als zusätzliches Informationsmaterial, da beruflichen Themen nur ein kleiner Stellenwert eingeräumt wird (Parchmann et al., 2014, S. 5; Krämer, 2016, S. 46ff.).

Im Mittelpunkt eines guten Chemieunterrichts steht das Experiment, da auf diesem Wege ein realitätsnaher Einblick in einen MINT-Ausbildungsberuf angebahnt werden kann. Ausgehend von einer konkreten Fragestellung (z.B. „Wie kann das Verrosten von Warmwasserspeichern verhindert werden?“) wird ein naturwissenschaftlicher Sachverhalt (z.B. das Prinzip der Opferanode) experimentell überprüft und anschließend der theoretische Hintergrund erarbeitet. Die Schülerinnen und Schüler lernen dabei, dass Eisen in Verbindung mit Aluminium oder Magnesium nicht rostet und dass das unedle Metall oxidiert wird. Der Austausch einer solchen Opferanode oder ganzer Heizungsanlagen zählt zu den typischen Aufgaben eines Anlagenmechanikers für Sanitär-, Heizungs- und Klimatechnik, wodurch die Brücke zu einem konkreten Beruf geschlagen wird. Daran anknüpfend kann ein Video gezeigt werden, in welchem ein typischer Arbeitstag zu sehen ist oder Auszubildende über ihre Ausbildung berichten. Abschließend können standortrelevante Informationen im Internet recherchiert oder von der Lehrperson ergänzt werden. Die hier präsentierte Verbindung zwischen Fachinhalt und Beruf stellt jedoch nur eine von mehreren Möglichkeiten im Bereich „Korrosion und Korrosionsschutz“ dar. Denkbar wären auch Verknüpfungen mit Berufen wie Metallbauer/in oder Kfz-Mechatroniker/in, aber auch andere Themen (z.B. „Anodische Oxidation“) und Experimente (z.B. „Eloxalverfahren“) könnten eingesetzt werden. Darüber hinaus könnte

³ Weiterführende Informationen zum Promotionsvorhaben: <http://www.uni-bielefeld.de/chemie/dc/phdiebels.html> (letzter Zugriff: 26.03.18)

das Thema im Zusammenhang mit Korrosion und Korrosionserscheinungen im Mund (z.B. bei Zahnersatz) behandelt werden, um so mit dem Beruf Zahntechniker/in eine Profession vorzustellen, die bei Schülerinnen beliebt ist. Demnach ist es von zentraler Bedeutung weitere Experimentiereinheiten zu entwickeln, die entsprechende, auch gendersensible Berufsbezüge ermöglichen.

Bei der Konzeption solcher Maßnahmen sind im Hinblick auf die curricularen Richtlinien zwei Dinge von Bedeutung. Zum einen ist von Interesse welche fachlichen Vorgaben es gibt und welche Anknüpfungspunkte sich daraus für verschiedene Berufe ergeben. Zum anderen stellt sich die Frage, inwieweit Berufsbezüge bereits in die Lehrpläne der einzelnen Bundesländer eingearbeitet sind. Während der erste Aspekt Teil des Promotionsvorhabens ist und hier nicht weiter ausgeführt wird, soll nachfolgend die zweite Frage anhand der Ergebnisse einer bundesweiten Lehrplananalyse beantwortet werden.

4 Bundesweite Lehrplananalyse

Im Zuge der Analyse wurde untersucht inwieweit berufsvorbereitende Inhalte in die Kernlehrpläne der Sekundarstufe I für das Fach Chemie implementiert sind. Aus dieser Vorgehensweise leiten sich zwei Fragen ab, die den Leitfaden der Inhaltsanalyse darstellen:

1. An welcher Stelle wird in den Curricula der verschiedenen Bundesländer auf die Begriffe ‚Beruf & Arbeit‘ eingegangen und wie häufig sind diese Berufsbezüge zu finden?
2. In welchen chemischen Sachzusammenhängen und Kontexten geschieht dies?

Dabei wurden die Lehrpläne von Haupt-, Real- und Gesamtschulen oder vergleichbaren Schulformen (z.B. die Regelschule in Thüringen) betrachtet, da die dort erworbenen Schulabschlüsse in besonderem Maße für eine nicht-akademische Ausbildung im MINT-Bereich qualifizieren.

4.1 Methodisches Vorgehen

Anhand der Begriffe ‚Beruf‘ und ‚Arbeit‘ wurden die Kernlehrpläne im Hinblick auf berufliche Orientierung untersucht. Da das Wort ‚Arbeit‘ in unterschiedlichen Kontexten in den Lehrplänen verwendet wird, wurde dieses nur mit in die Auswertung aufgenommen,

wenn es in einem eindeutigen Bezug zu einem Beruf oder einer beruflichen Tätigkeit genannt wurde. Ebenso wurden Erwähnungen der beiden Begrifflichkeiten in Überschriften, Abbildungen oder Tabellen nicht und Formulierungen wie ‚Arbeits- und Berufswelt‘ lediglich einfach gelistet.

Die relevanten Textstellen wurden anschließend mit Hilfe der qualitativen Inhaltsanalyse nach Mayring (2008) ausgewertet, um die Qualität der Berufsbezüge in den Lehrplänen bewerten zu können. Diese Technik bietet den Vorteil auch größere Textmengen systematisch zu bearbeiten, indem das Material schrittweise kategorisiert wird. Sämtliche Kategorien wurden ausschließlich während des Analyseprozesses definiert und das Kategoriensystem nach ca. der Hälfte des Materialdurchgangs überprüft (s. Tab. 1). Damit eine Textstelle einer Kategorie einfacher zugeteilt werden konnte, wurden jeder Kategorie sog. Ankerbeispiele zugeordnet. Ergänzend wurde die Anzahl der Nennungen aller Kategorien bestimmt, da sich mit der Häufigkeit einer Kategorie [...] ihre Bedeutung zu untermauern“ lässt (Mayring, 2010, S. 51). Insgesamt konnten bei der der Auswertung die drei Oberkategorien **Wissen**, **Individuum** und **Beratung & Begleitung** gefunden werden.

Beim Erfassen der Textpassagen wurden für jedes Bundesland und jede Schulform zusätzlich die Position und die Häufigkeit der Berufsbezüge bestimmt. Die differenzierte Betrachtung dieser beiden Merkmale war notwendig, da sich aus einer vergleichenden Darstellung wie in Abbildung 1 lediglich eine Einschätzung über die Häufigkeit der Implementierung von beruflichen Themen ablesen lässt und eine Bewertung der Qualität dieser Berufsbezüge nicht möglich ist. Im Analyseverlauf zeigte sich aber, dass es einen großen Unterschied ausmacht, ob die Bezüge im allgemeinen Teil, in den Kompetenzbereichen oder den Inhaltsfeldern zu finden sind. Die Einbindung beruflicher Orientierung in der Präambel eines Lehrplans gleicht beispielsweise einer Absichtserklärung und legt nicht fest wie die Umsetzung im Fachunterricht erfolgen soll. Durch Beschreibung zu erwerbender Kompetenzen für einen Beruf oder Erwähnung bestimmter Berufsgruppen in einem Inhaltsfeld, ergibt sich hingegen eine höhere Verbindlichkeit berufliche Themen in den Unterricht einzubeziehen.

4.2 Darstellung und Diskussion der Ergebnisse

Position der Berufsbezüge in den Lehrplänen

Generell ist im Zuge der Analyse deutlich geworden, dass die Berufsbezüge in 10 Bundesländern eher im *allgemeinen Teil* der Kernlehrpläne eingearbeitet sind. In diesem Abschnitt der Lehrpläne nimmt zum einen die grundsätzliche Bedeutung der Berufsorientierung für die persönliche Entwicklung eine zentrale Rolle ein, zum anderen das Erwerben von berufsrelevanten Kompetenzen:

„Sie erwerben neben einem rationalen Verständnis der erlebten Welt notwendige Basiskenntnisse und Kompetenzen für die Bewältigung von Anforderungen in zahlreichen Berufsfeldern sowie Voraussetzungen für ein anschlussfähiges, lebenslanges Lernen.“

(Kernlehrplan für die Realschule – Chemie, NRW, 2011, S. 11)⁴

Solche Formulierungen sind aber nicht nur im allgemeinen Teil der Curricula vieler Bundesländer zu finden, sondern auch in den *Kompetenzbereichen*. Es erstaunt somit nicht, dass an dieser Stelle im Lehrplan in allen Bundesländern die wenigsten Berufsbezüge zu finden sind. Die Höchstzahl an entsprechenden Verweisen beträgt lediglich vier (Niedersachsen; Hauptschule) und in sieben Bundesländern sind sogar gar keine Bezüge in die Kompetenzbereiche eingearbeitet.




Ein etwas anderes Bild ergibt sich bei Betrachtung der *Inhaltsfelder*. So sind zwar in fünf Bundesländern auch dort keine Berufsbezüge eingefügt, allerdings sind es in drei Bundesländern mehr als sieben. Besonders sticht hierbei der saarländische Lehrplan mit 15 Treffern heraus.

Um besser zu verstehen, wie groß die Unterschiede zwischen zwei Bundesländern hinsichtlich der Positionierung tatsächlich sein können, soll dies nachfolgend anhand der Lehrpläne von Hamburg und vom Saarland einmal exemplarisch dargestellt werden.⁵

⁴ http://www.schulentwicklung.nrw.de/lehrplaene/upload/klp_SI/RS/Chemie/RS_Chemie_Endfassung.pdf (letzter Zugriff: 26.03.18)

⁵ Eine entsprechende Übersicht für alle Bundesländer kann dem Zusatzmaterial entnommen werden.

Tabelle 1: Position und Häufigkeit der Begriffe ‚Beruf & Arbeit‘ in den Lehrplänen der Bundesländer Hamburg und Saarland.

	 häufig (10 und mehr)	 mäßig (5-9)	 selten (0-4)
Position der Berufsbezüge	Hamburg (Stadtteilschule)	Saarland (Gemeinschaftsschule)	
Allgemeines	18	8	
Kompetenzbereiche	1	0	
Inhaltsfelder	0	15	

Im hamburgischen Lehrplan werden Themen zur beruflichen Orientierung fast ausschließlich im allgemeinen Part (18 Bezüge) behandelt (s. Tab 1.). Neben den generellen Aufgaben und Zielen wird dort u.a. die Ausbildungsreife, der Übergang zwischen Schule und Beruf oder die Beratungs- und Begleitfunktion der Lehrkräfte thematisiert. Jedoch handelt es sich dabei lediglich um generelle curriculare Empfehlungen oder Vorgaben. Auf welche Weise die Umsetzung im Fachunterricht erfolgen könnte, wird nur einmal im Kompetenzbereich Bewertung umrissen:

„Die Schülerinnen und Schüler stellen Anwendungsbereiche und Berufsfelder dar, in denen chemische Kenntnisse bedeutsam sind.“

(Bildungsplan Stadtteilschule Jahrgangsstufen 7-11 – Chemie, Hamburg, 2014, S. 22)⁶

Dass es möglich ist berufliche und fachliche Inhalte umfangreich zu verknüpfen, zeigt der saarländische Kernlehrplan. In den Hinweisen eines jeden Inhaltsfeldes werden neben Vorschlägen zu möglichen Kontexten oder fächerübergreifenden Themen auch Vorschläge zu berufsorientierenden Aspekten geboten, z.B. durch Benennen verschiedener Berufsbilder (s. Tab. 2). Darüber hinaus wird sogar angeregt, vermeintliche Männer- und Frauenberufe zu thematisieren, um damit für den Umgang mit geschlechtsspezifischen Differenzen zu sensibilisieren und so auch Schülerinnen Ausbildungs- und Karriere-möglichkeiten in MINT-Berufen oder positive Rollenmodelle aufzuzeigen. Angesichts des

Tabelle 2: Ausschnitt aus dem Inhaltsfeld ‚Säuren und Laugen‘ des saarländischen Lehrplans (2016, S. 13).

3. Säuren und Laugen
Hinweise
Berufsorientierende Aspekte <ul style="list-style-type: none"> - Erkunden unterschiedlicher Berufsbilder, z. B. Restaurator/in, Fachkraft Hygieneüberwachung, Desinfektor/-in, Techniker/-in Umweltschutz, Drogist/-in, Schädlingsbekämpfer/-in. - vermeintliche Männer- und Frauenberufe - Berufsalternativen zum Wunschberuf erkunden

⁶ <http://www.hamburg.de/contentblob/4327716/59533dab5fbb77f59126d9c183a4453f/data/chemie-sts-2014-06-10-web.pdf> (letzter Zugriff: 26.03.18)

nach wie vor geringen Frauenanteils in nichtakademischen MINT-Berufen (Deutscher Gewerkschaftsbund, 2015, S. 2), ist es wichtig, dass dieses Thema flächendeckend in die Lehrpläne integriert wird.

Zusammenfassend erhalten die Schulen durch generelle Formulierungen im allgemeinen Teil oder in den Kompetenzbereichen auf der einen Seite zwar Spielraum, an welcher Stelle und wie konkret die berufliche Orientierung in den Fachunterricht eingebunden werden kann. Auf der anderen Seite werden die Lehrkräfte aber weitestgehend alleine gelassen, da kaum Anregungen für die Verknüpfung von Beruf und Fachinhalten geleistet werden. Entsprechende Hinweise in den Inhaltsfeldern können die Lehrerinnen und Lehrer hingegen unterstützen. Diese Möglichkeit ist in größerem Maße bislang allerdings nur im Saarland, in Rheinland-Pfalz und in Niedersachsen (Haupt- und Realschule) realisiert.

Häufigkeit der Berufsbezüge in den Lehrplänen

Damit eine vergleichende Darstellung über die Implementierung der beruflichen Themen in den unterschiedlichen Bereichen der Lehrpläne ermöglicht werden kann, wurden deren Häufigkeiten bestimmt (s. Abb. 1).⁷



Abbildung 1: Häufigkeit der Berufsbezüge in den einzelnen Bereichen der Kernlehrpläne.

Bei Betrachtung der Ergebnisse fallen drei Dinge direkt auf. Erstens ist die Einbettung in den *Kompetenzbereichen* in allen Bundesländern ausgesprochen schwach. Zweitens bestätigt sich hier der Trend, dass die Berufsbezüge eher im *allgemeinen Teil* der

⁷ Für Bundesländer, in denen es mehrere Schulformen und Lehrpläne für die Sekundarstufe I, gibt ist der Mittelwert angegeben. Diese Betrachtungsweise ist auch für Bundesländer, in denen es mehrere Schulformen in der Sekundarstufe I gibt, erstaunlich genau, da sich Abweichungen nur in einem Fall (Hauptschule NRW; häufig statt mäßig) ergeben.

Lehrpläne als in den *Inhaltsfeldern* zu finden sind. Zudem sind drittens in den Ländern Baden-Württemberg, Bremen, Bayern, Hessen, Mecklenburg-Vorpommern und Sachsen-Anhalt generell nur selten Verknüpfungen zu beruflichen Themen auszumachen.

Besonders das schwache Abschneiden der industriell und wirtschaftlich starken Bundesländer Bayern, Baden-Württemberg und Hessen überrascht, da gerade hier eine stärkere Fokussierung auf MINT-Ausbildungsberufe im Interesse der Länder wäre. In einigen technischen Berufen ist in diesen Ländern nicht nur ein Engpass an Fachkräften (z.B. Mechatroniker/in) beobachtbar, sondern es besteht bereits ein Mangel (z.B. Anlagenmechaniker/in für Sanitär-, Heizungs- und Klimatechnik; Bundesagentur für Arbeit, 2015, S. 11f.).

Für das strukturell defizitäre und einwohnerreichste Bundesland Nordrhein-Westfalen wäre eine noch ausgeprägtere Betonung der Berufsorientierung ebenso erstrebenswert (Bundesministerium für Finanzen, 2017). Dass dies bislang nicht der Fall ist, könnte daran liegen, dass die meisten Berufe der (chemischen) Industrie dem produzierenden Gewerbe zuzuordnen sind und der Anteil des sekundären Sektors unter dem Bundesdurchschnitt liegt.⁸ Der Strukturwandel hin zur Dienstleistungsgesellschaft ist hier sehr deutlich merkbar und deshalb sollten auch Berufe des tertiären Sektors Beachtung in den Lehrplänen der drei Schulformen finden. Ähnliches gilt auch für die neuen Bundesländer.

Weshalb mit Hamburg (Allgemeines) und dem Saarland (Inhaltsfelder) ausgerechnet zwei der kleinsten Bundesländer die berufliche Orientierung häufig in den Fachlehrplan eingebunden haben, verwundert nur auf den ersten Blick. Angesichts vergleichsweise geringer Einwohnerzahlen, fallen unbesetzte Lehrstellen oder Ausbildungsabbrüche volkswirtschaftlich stärker ins Gewicht als in größeren Ländern. Eine gezielte und umfangreiche Berufsorientierung ist daher in kleinen Bundesländern von besonderer Bedeutung.

Inhaltliche Aspekte des Berufsbezugs der Kernlehrpläne

Im Analyseverlauf konnte der überwiegende Teil der Berufsbezüge der Kategorie **Wissen** zugeordnet werden (s. Tab. 3). So ist es nicht erstaunlich, dass sich in allen Bundesländern Inhalte finden, die sich auf die Vermittlung von Grundkenntnissen oder den Erwerb von Fähigkeiten für Berufsfelder im Allgemeinen beziehen. Auf diese Weise erhalten die

⁸ https://www.statistik-bw.de/Arbeit/Erwerbstaetige/ET_wirtschSektoren.jsp (letzter Zugriff: 26.03.18)

Schülerinnen und Schülern einen Einblick in den *Arbeitsmarkt und über berufliche Möglichkeiten*:

"Die Schule ermöglicht es damit den Schülerinnen und Schülern, Vorstellungen über Berufe und über eigene Berufswünsche zu entwickeln, die über die schulische Ausbildung, eine betriebliche Ausbildung, eine Ausbildung im dualen System oder über ein Studium zu erreichen sind."

(Kerncurriculum für die Hauptschule – Naturwissenschaften, Niedersachsen, 2015, S. 6)⁹

Darüber hinaus erfolgt in allen Bundesländern eine Betrachtung der *beruflichen Orientierung im fachlichen Kontext*. Hierbei muss allerdings eingeschränkt werden, dass die Verknüpfung zwischen Beruf und Fachinhalt sehr unterschiedlich erfolgt. Während in fünf Bundesländern (z.B. in Niedersachsen oder Nordrhein-Westfalen) Beispiele für Berufsfelder in den Inhaltsfeldern genannt werden, sind die Bezüge in zwei Bundesländern (Niedersachsen, Sachsen-Anhalt) in den Kompetenzbereichen und in neun Bundesländern (z.B. Brandenburg, Hamburg) im allgemeinen Teil zu finden.

Die Einbindung der Berufsverweise *Tabelle 3: Kategorienschema der qualitativen Inhaltsanalyse* in den beiden zuletzt genannten

Feldern des Lehrplans bietet den Lehrkräften häufig nur wenig Unterstützung, da diese oberflächlich formuliert sind. Zunehmend wird in den meisten Bundesländern auch die steigende Eigenverantwortung des **Individuums** hinsichtlich der Lebensgestaltung thematisiert. In diesem Fall spielt die *Auseinandersetzung mit Berufen* eine

Oberkategorie	Kategorie
Wissen	<ul style="list-style-type: none"> • Arbeitsmarkt und berufliche Möglichkeiten • Berufliche Orientierung im fachlichen Kontext
Individuum	<ul style="list-style-type: none"> • Auseinandersetzung mit Berufen • Lebensplanung & persönliche Entwicklung
Beratung & Begleitung	<ul style="list-style-type: none"> • Schulische Unterstützungsfunktion • Praxiserfahrung • Außerschulische Kooperation

entscheidende Rolle, bei der die Jugendlichen entsprechende Kompetenzen und Fähigkeiten entwickeln, die ihnen eine kritische Betrachtung eigener Chancen ermöglicht. Es überrascht, dass in diesem Zusammenhang nur in Niedersachsen (Haupt- und Realschule) und in Bayern (Realschule) explizit auf die Relevanz des Faches für die individuelle Berufswahl hingewiesen wird. In den übrigen Bundesländern wird die

⁹ http://db2.nibis.de/1db/cuvo/datei/kc_hs_nws_07_nib.pdf (letzter Zugriff: 26.03.18)

Bedeutung der Chemie nicht in Relation zum Individuum gesehen. Einen weiteren wichtigen Aspekt stellt *die Lebensplanung und persönliche Entwicklung* dar, der in zehn Bundesländern gefunden werden konnte. Dabei wird entweder auf die Bedeutung von naturwissenschaftlicher Bildung im Hinblick auf den schulischen Werdegang aufmerksam gemacht, oder diese als Entscheidungsgrundlage oder Orientierungshilfe herausgestellt.

Ergänzend dazu wird der Kompetenzerwerb in Verbindung zum Lebenslauf betont:

"Der naturwissenschaftliche Unterricht an der Hauptschule soll [...] wesentliche Beiträge für die Lebensplanung und die Berufsorientierung der Schülerinnen und Schüler leisten."

(Kernlehrplan für die Hauptschule – Chemie, NRW, 2011, S. 11)¹⁰

Im Gesamtvergleich konnten die wenigsten Textstellen zur Kategorie **Beratung & Begleitung** gezählt werden. Sowohl die theoretische Auseinandersetzung mit der eigenen Lebens- sowie Berufsplanung als auch die Suche nach geeigneten Möglichkeiten, die Praxis zu erkunden, stellen Anforderungen an die Schülerinnen und Schüler dar, die ohne Hilfe nicht immer gelöst werden können. Daher ist die *schulische Unterstützungsfunktion* etwa in der Begleitung beim Praktikum oder bei der Beratung beim Übergang auch im Fachunterricht wichtig. Allerdings finden sich bislang nur in fünf Bundesländern entsprechende Hinweise in den Lehrplänen. Etwas besser sieht es bei der Einbindung von *Praxiserfahrungen* aus. Immerhin sieben Bundesländer haben Beispiele für Einblicke in die berufliche Praxis eingearbeitet, die jedoch mit Ausnahme des saarländischen Lehrplans nur wenig konkret sind. Da v.a. die Reflexion der erlebten Praxiserfahrungen zu einer kognitiven Auseinandersetzung führt und somit die Kompetenzentwicklung der Schülerinnen und Schüler fördert, sollten in den Lehrplänen verstärkt Hinweise auf entsprechende Praktika eingearbeitet werden. Durch *Außerschulische Kooperationen* können zudem die Unterrichtsinhalte ergänzt werden, wie es in acht Bundesländern auch vorgeschlagen wird. Erstaunlich ist hingegen, dass sich in den drei Lehrplänen für Nordrhein-Westfalen keine Anmerkungen zur Kooperation befinden, obwohl gerade die Kommunale Koordinierung eines der vier zentralen Elemente des neuen Übergangssystems ist.

¹⁰ http://www.schulentwicklung.nrw.de/lehrplaene/upload/lehrplaene_download/hauptschule/NW_HS_KLP_Endfassung.pdf (letzter Zugriff: 26.03.18)

5 Zusammenfassung & Ausblick

Kernlehrpläne beschreiben die zu erreichenden Kompetenzbereiche am Ende der jeweiligen Jahrgangsstufe und legen damit die Mindestanforderungen an die Schülerinnen und Schüler fest. Themen der beruflichen Orientierung sind im Fachunterricht davon nicht ausgenommen, es wurden im Rahmen der Analyse allerdings zwei Dinge deutlich.

Erstens besteht in sechs Bundesländern (z.B. Baden-Württemberg, Bayern) generell großer Nachholbedarf berufsorientierende Aspekte in die Lehrpläne einzuarbeiten. In nur drei Bundesländern konnten im Gegensatz dazu häufige Bezüge gefunden werden. Bedeutender ist jedoch die Tatsache, dass die Position der Berufsbezüge zwischen den Bundesländern erkennbar variiert, wie besonders mit Hilfe der Lehrpläne von Hamburg und vom Saarland veranschaulicht werden konnte. Es ist erstaunlich, dass sich die beruflichen Verknüpfungen mehrheitlich im allgemeinen Teil befinden und zudem wenig konkret formuliert sind. Letztlich ergibt sich daraus eine geringe Verbindlichkeit berufliche Inhalte in den Fachunterricht einzubinden und die Lehrkräfte werden folglich gar nicht erst dazu ermutigt entsprechende Unterrichtseinheiten zu konzipieren. Hilfreich wäre beispielsweise die exemplarische Formulierung der zu erreichenden Kompetenzen anhand eines konkreten Berufes für ein bestimmtes Thema, das die Lehrerinnen und Lehrer dann auf weitere Berufe oder Berufsfelder übertragen können.

Zweitens fiel bei der Frage nach den chemischen Sachzusammenhängen und Kontexten auf, dass das Wissen in Verbindung mit beruflicher Orientierung in allen Bundesländern bezogen auf die beruflichen Möglichkeiten und die persönliche Entwicklung der Jugendlichen bereits eingebunden ist. Dennoch besteht v.a. in den Kompetenzbereichen in allen Ländern Verbesserungspotenzial hinsichtlich der Definition der zu erlangenden Kompetenzen. Darüber hinaus hat sich gezeigt, dass eine stärkere Einbindung von Betriebserkundungen und Praktika in den Fachlehrplänen erfolgen sollte. Bislang finden sich jedoch nur in sieben Lehrplänen entsprechende Hinweise. In Ergänzung dazu könnte auch eine fächerübergreifende Ausrichtung der berufsorientierenden Inhalte angestrebt werden, um verschiedene Berufe aus unterschiedlichen Blickwinkeln zu betrachten. Allerdings dürfte eine solche Vorgehensweise nicht zur Reduzierung der Inhalte in den jeweiligen Fächern führen.

Die hier vorgestellte Analyse zeigt, dass die Fachcurricular der einzelnen Bundesländer hinsichtlich der Implementierung der beruflichen Orientierung Diskrepanzen aufweisen. Wie eine quantitativ umfangreiche und qualitativ hochwertige Einbindung von

Berufsbezügen aussehen kann, konnte am Beispiel des saarländischen Lehrplans verdeutlicht werden. Diese Form der Einbettung von beruflicher Orientierung erscheint für alle Bundesländer sinnvoll. Angesichts der gegenwärtigen Engpässe in den nichtakademischen MINT-Berufen, wäre es außerdem ratsam eine dem Bedarf entsprechende Übersicht für Ausbildungsberufe (auch über Berufe der chemischen Industrie hinaus) auf den Bildungsservern der einzelnen Bundesländer, als Ergänzung zu den Hinweisen im Lehrplan, zu hinterlegen.

Literatur

- Albertus, M. (2015). *Berufliche Orientierung als Bestandteil zeitgemäßen Chemieunterrichts: Eine Interventionsstudie zur Implementierung ausgewählter berufsorientierender Elemente in chemiebezogene Lernumgebungen der Sekundarstufe I*. Dissertation, Freie Universität, Berlin.
- Arndt, H. (2013). Berufsorientierungsunterricht. Einige Erfolgskriterien. *Schulmagazin 5-10*. (1).
- Benner, I., & John, A. (Eds.). 2011. *Zufriedenheit mit der Berufswahl: Die Sicht der Auszubildenden*.
- Bundesagentur für Arbeit (2015). *Der Arbeitsmarkt in Deutschland - Fachkräfteengpassanalyse*. Nürnberg.
- Bundesagentur für Arbeit (2016). *Der Arbeitsmarkt in Deutschland – MINT-Berufe*. Nürnberg.
- Bundesministerium für Finanzen (2017). *Der Finanzausgleich unter den Ländern für die Zeit vom 01.01-2016 - 31.12.2016 (in 1000 Euro)*. Retrieved March 26, 2018, from http://www.bundesfinanzministerium.de/Content/DE/Standardartikel/Themen/Oeffentliche_Finanzanzen/Foederale_Finanzbeziehungen/Laenderfinanzausgleich/Vorlaeuferge-Abrechnung-Laenderfinanzausgleich-2016.pdf?__blob=publicationFile&v=1.
- Deutscher Gewerkschaftsbund (2015). *Frauen in nichtakademischen MINT-Berufen: Analyse ihrer Stellung am Arbeitsmarkt und ihrer Arbeitsbedingungen*. Berlin.
- Famulla, G. & Butz, B. (2005). *Berufsorientierung. Stichwort im Glossar*. Retrieved March 26, 2018, from http://www.swa-programm.de/texte_material/glossar/.
- Haucke, K. (2013). *Berufsorientierung im Chemieunterricht: Erhebung von Schülervorstellungen zu ausgewählten Berufen und Entwicklung von Konzepten zur Integration von Berufsorientierung in Unterricht und Lehrerbildung*. Dissertation, Carl von Ossietzky Universität Oldenburg, Oldenburg.

- Hoppe, M. (1980). *Berufsorientierung: Studien zur Praxis der Arbeitslehre*. Zugl.: Hannover, Techn. Univ., Fak. für Geistes- u. Sozialwiss., Diss. : 1978. Weinheim: Beltz.
- Institut der deutschen Wirtschaft Köln (2016). *MINT-Frühjahrsreport 2016: Herausforderungen der Digitalisierung*. Gutachten für BDA, BDI, MINT Zukunft schaffen und. Köln.
- Krämer, S. (2016). *Dokumentenanalyse von berufsorientierenden Inhalten in Schulbüchern der neunten und zehnten Klassen an Haupt- und Realschulen im Bereich Chemie*. Bielefeld: Universität Bielefeld.
- Lange et al. (2015). *MINT-Nachwuchsbarometer 2015: Fokusthema: Berufliche Ausbildung*. München, Hamburg.
- Mayring, P. (2008). *Einführung in die qualitative Sozialforschung: Eine Anleitung zu qualitativem Denken* (5. Aufl.). *Beltz Studium*. Weinheim, Basel: Beltz.
- Mayring, P. (2010). *Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Techniken* (11., aktualisierte und überarb. Aufl.). *Studium Paedagogik*. Weinheim: Beltz.
- Ministerium für Arbeit, Integration und Soziales (2012). *Neues Übergangssystem Schule – Beruf in NRW.: Zusammenstellung der Instrumente und Angebote*. Düsseldorf.
- Pampel, J., & Welker, C. (2011). Regionales Übergangsmanagement Berlin: Ergebnisbericht Band 2: Berufsorientierung (2011) - Auszug.
- Parchmann et al. (2014). Chemie als Beruf - Chemie im Beruf: Vielfalt chemischer Perspektiven zur Berufsorientierung. *Naturwissenschaften im Unterricht Chemie*, 25(140).

Philipp Diebels studierte die Fächer Chemie und Biologie für Gymnasium/Gesamtschule an der Universität Bielefeld. 2012 erhielt er ein Kurt-Hansen-Stipendium der Bayer Science & Education Foundation. Von Januar bis Juli 2013 erfolgte ein Studienaufenthalt an der Roskilde University (Dänemark). Im Oktober 2014 begann er seine Promotion in der Arbeitsgruppe Didaktik der Chemie I von Frau Prof. Dr. Gisela Lück zum Thema ‚Berufliche Orientierung und Chemieunterricht: Eine Interventionsstudie zur Einbindung chemiebezogener nicht-akademischer MINT-Engpassberufe in den Fachunterricht der Haupt- und Gesamtschule‘.



Philipp Diebels
Universität Bielefeld
Chemie und Didaktik der Chemie I
Universitätsstraße 25
33615 Bielefeld
pdiebels@uni-bielefeld.de

Prof. Dr. Gisela Lück besitzt seit April 2002 eine C4-Professur für Didaktik der Chemie an der Universität Bielefeld. Nach ihrem 1. Staatsexamen in den Fächern Chemie und Philosophie erfolgte 1985 die Promotion in Philosophie an der Universität Köln. Zwischen 1986 und 1995 war sie Leiterin der Abteilung Wissenschaftspublizistik bei der Henkel KGaA. Von 1995 bis 2000 erfolgte die Habilitation am Institut für Chemiedidaktik der Universität Kiel zum Thema ‚Naturwissenschaften im frühen Kindesalter: Untersuchungen zur Primärbegegnung von Vorschulkindern mit Phänomenen der unbelebten Natur‘. 2002 war sie C3-Professorin für Didaktik der Chemie an der Universität GH Essen.



Prof. Dr. Gisela Lück
Universität Bielefeld
Chemie und Didaktik der Chemie I
Universitätsstraße 25
33615 Bielefeld
gisela.lueck@uni-bielefeld.de

Über die Herausforderung einer individualisierten und gendersensiblen Berufsorientierung für Schülerinnen in Chemie

Markus Prectl

Zusammenfassung:

Der Beitrag fasst Befunde zur Beteiligung von Frauen an MINT-Studiengängen und MINT-Berufen zusammen und stellt Strategien der Berufsorientierung in der Fachdidaktik Chemie vor. Es wird aufgezeigt, dass berufsorientierende Maßnahmen die Rekonstruktion von Geschlechterdifferenzen und die daraus resultierende Verfestigung stereotypischer Zuweisungen fördern können, wenn sie nicht um eine gendersensible Reflexion ergänzt werden. Zudem wird der Blick auf ausgewählte Konzeptideen für eine individualisierte, gendersensible Berufsorientierung in Chemie gerichtet.

Stichworte:

Berufsorientierung, Gender, Chemie

In diesem Beitrag werden zwei aktuelle fachdidaktische Herausforderungen miteinander in Beziehung gesetzt: die Berufsorientierung (vgl. Spitzer, 2017, S. 20-58; Haase & Pietzner, 2016; Parchmann, Lühken, Haucke & Pietzner, 2014) und die individuelle Förderung von Schüler*innen (vgl. Reiners, 2017, Kap. 5) im Chemieunterricht. Beide bedürfen eines reflektierten Umgangs mit Diversität in den Dimensionen Geschlecht (Gender), Alter, sozioökonomischer Hintergrund, physische und psychische Möglichkeiten und Handicaps (bezogen auf Fähigkeiten/Fertigkeiten, Emotionen, Sozialverhalten) sowie Ethnie und Migration. Denn sie alle beeinflussen individuelle Entscheidungsprozesse der Berufs- und Studienfachwahl von Schüler*innen, wenn auch in unterschiedlicher Gewichtung, je nach individueller Lebenssituation. In der Phase der Berufsorientierung ist für die Adolescent*innen neben den eigenen Fachinteressen und dem Glauben an die eigenen Fähigkeiten (Selbstwirksamkeitserwartungen) von Relevanz, welche Prototypen – überwiegend Frauen oder überwiegend Männer, mit oder ohne Migrationshintergrund – in einem Arbeitsfeld tätig sind (vgl. Cheryan, Ziegler, Montoya & Jiang, 2017; Steinritz, Lehmann-Grube & Ziegler, 2016). Ferner spielt eine Rolle, wie viel Prestige mit einer Studienfach- oder Berufswahl verbunden ist und ob die Eltern und die Peers diese Wahl befürworten. Da sich die Berufsorientierung folglich komplex entwickeln kann, erhalten Schüler*innen, im Unterricht und in außerschulischen Veranstaltungen, Unterstützung bei

ihren Wahlentscheidungen. Diesbezüglich hat sich sehr viel Positives getan. Die Qualität der berufsorientierenden Maßnahmen und das Maß an Professionalität, mit der diese unterbreitet werden, wurden in den vergangenen Jahren deutlich gesteigert. Aus der Diversitätsperspektive heraus betrachtet, könnten jedoch immer noch Details in Berufsorientierungsmaßnahmen sensibler gestaltet werden. An diesem Punkt setzt der Beitrag mit einer Schwerpunktsetzung auf der Diversitätsdimension Geschlecht (Gender) an.

Der erste Teil des Beitrags bietet einen Überblick zur Situation in Studium und Beruf in MINT, speziell für das Fach Chemie und differenziert nach Geschlecht. Von der Fragestellung ausgehend, ob der Chemieunterricht ein geeigneter Ort für berufsorientierende Maßnahmen ist, erfolgt im zweiten Teil, anhand von drei Exempeln, eine Sensibilisierung für die Problematik der Rekonstruktion von Geschlechterdifferenzen innerhalb von berufsorientierenden Maßnahmen. Im dritten Teil werden erstens etablierte Maßnahmen der individualisierten Förderung durch Mentor*innen, Coaches und Eltern sowie zweitens eine Möglichkeit für eine gendersensible Repräsentation von Akteur*innen im Berufsfeld Chemie dargelegt.

Ist im Folgenden die Rede von Frauen/Mädchen und Männern/Jungen, beziehen sich die Angaben auf Statistiken bzw. Befunde aus Studien, in denen die Kategorie Geschlecht mit dem Ziel genutzt wurde, Heterogenität in Handlungsfeldern aufzuzeigen. Geschlechterspezifische Zuordnungen sind damit nicht gemeint.

1 Geschlecht und Karriere – die Situation in den MINT-Studiengängen

„Ein Abschluss im Tertiärbereich gilt als wesentlich für die Förderung des Wissens und der Innovationen, die von zentraler Bedeutung für ein nachhaltiges Wirtschaftswachstum sind“ (OECD, 2017, S. 340). In dieser Hinsicht ist für die OECD die naturwissenschaftliche Grundbildung ein Erfolgsgarant im Arbeitsbereich, unabhängig von den Tätigkeiten, die die Absolvent*innen letztendlich ausüben. Zu ihr werden kritisches Denken, Problemlösekompetenzen und Kreativität gezählt. So gesehen, ist es erfreulich, dass die Anzahl der Studienanfänger*innen in Deutschland sich insgesamt sehr gut entwickelt hat.

1.1 Die MINT-Fächer liegen im Trend aber zu wenige Frauen partizipieren an ihnen

Tabelle 1 gibt die Anzahl der Studienanfänger*innen in Deutschland in der Zeitspanne von 2006 bis 2016 wieder. Diese Anzahl variiert für die Fächergruppen. Mathematik und Naturwissenschaften studierten 2016/2017 320.594 Personen, was einem Anteil von elf Prozent an allen Fächergruppen mit insgesamt circa 2,8 Millionen Student*innen entspricht. In den Ingenieurwissenschaften waren es 757.173 Student*innen (27%). Im Vergleich mit den Rechts-, Wirtschafts- und Sozialwissenschaften (1.018.087 Student*innen, 36%) fallen diese prozentualen Anteil gering aus (Quelle der Statistik: Statistisches Bundesamt, 2017).

*Tabelle 1: Anteil an Studienanfänger*innen und an Frauen in MINT-Studiengängen (aus BMAS, 2017, S. 70).*

Indikator	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Studienanfänger*innen	35,6%	37,0%	40,3%	43,3%	46,0%	55,6%	55,9%	58,5%	58,3%	58,2%	55,5%
Frauen in MINT-Studiengängen	30,8%	30,9%	30,5%	30,7%	29,9%	27,3%	29,9%	30,5%	28,8%	29,2%	29,4%

Die OECD (2017) bestätigt für Deutschland den positiven Trend für die Beteiligung von Schulabgänger*innen an den Bildungsgängen der MINT-Fächergruppen. Im direkten Vergleich mit dem OECD-Durchschnitt von 27 Prozent fällt diese Beteiligung in Deutschland mit 40 Prozent besonders hoch aus (ebd., S. 341). Ein wesentlicher Grund hierfür ist der generell hohe Zulauf von Anfänger*innen (Zunahme um 20 Prozentpunkte im Vergleich zu 2005) in den Tertiärbereich (ebd., S. 346). Wird in dem Trenddatensatz, der sich auf den gesamten Tertiärbereich bezieht, nach Fächern unterschieden, wird indes deutlich, dass Frauen in den MINT-Fächergruppen weiterhin unterrepräsentiert sind (ebd., S. 339). In diesem Bereich scheinen die insgesamt positiven Auswirkungen des Trends nicht zu greifen. Tabelle 1 zeigt, dass der Frauenanteil in den MINT-Studiengängen zuletzt stabil geblieben ist und sich um die 30-Prozent-Marke eingependelt hatte. Das Bundesministerium für Arbeit und Soziales erwartet dennoch eine positive Entwicklung, „(...) da mittlerweile anteilig mehr junge Frauen (...) ein Studium der Ingenieurwissenschaft, Mathematik oder Naturwissenschaft aufnehmen“ (BMAS, 2017, S. 53). Dies sei insofern wichtig, da MINT-Berufen im Hinblick auf die Wirtschafts- und Innovationskraft Deutschlands eine besondere Bedeutung zukomme.

1.2 Die Geschlechterdifferenzen in der Berufswahl bestehen bereits während der Schulzeit

Fördermaßnahmen zur Steigerung des Frauenanteils in MINT müssen bereits während der Schulzeit erfolgen, da sich die Geschlechterdifferenz in der MINT-Berufswahl, wie PISA-Befunde zeigen, schon früh ausbildet. In den PISA-Studien 2006 und 2015 wurden die Teilnehmer*innen gefragt, ob sie später einen MINT-Beruf ausüben möchten. Zum Erhebungszeitpunkt 2015 konnten sich in Deutschland 18 Prozent der Mädchen und 27 Prozent der Jungen vorstellen, im Alter von 30 Jahren einen naturwissenschaftsbezogenen Beruf auszuüben (vgl. Schiepe-Tiska, Simm & Schmidtner, 2016, S. 118f.). Im Vergleich mit anderen OECD-Staaten fällt die Geschlechterdifferenz für naturwissenschaftsbezogene Berufserwartungen in Deutschland drastisch aus. Bereits im Anschluss an PISA-2006 wurde konstatiert, dass „Mädchen [...] sich deutlich seltener vorstellen [können], im Erwachsenenalter einem technischen Beruf nachzugehen, als Jungen, auch wenn sie über gleich hohe Kompetenzen und Motivationen sowie über ein genauso stark ausgeprägtes Fähigkeitsselbstkonzept in den Naturwissenschaften verfügen“ (Taskinen, Asseburg & Walter, 2008, S. 79). Vergleicht man die Erhebungszeitpunkte miteinander, zeigt sich, dass in jüngerer Zeit zwar insgesamt mehr Jugendliche einen naturwissenschaftlichen Beruf ergreifen möchten (Zunahme von 18 auf 23 Prozentpunkte), die Ursache hierfür allerdings allein auf den prozentualen Zuwachs bei den Jungen (Differenz von +9 Prozent) zurückzuführen ist (vgl. Schiepe-Tiska, Simm & Schmidtner, 2016, S. 124).

Die positive Entwicklung des Mittelwertes für das Interesse an der Berufswahl in MINT täuscht über einen gewichtigen Fakt hinweg: „Der Anteil der Frauen, die tatsächlich einen Bildungsgang in einer naturwissenschaftlich ausgerichteten Fächergruppe belegen, ist im Durchschnitt der OECD-Länder rund 5 Prozentpunkte niedriger als der Anteil der Mädchen, die davon ausgegangen waren, einen Beruf in diesen Fächergruppen auszuüben“ (OECD, 2017, S. 342). Der Vergleich von Quoten für berufliche Erwartungen mit denen von tatsächlichen Berufsanfänger*innen offenbart somit eine deutliche Verringerung der Beteiligung von Frauen an MINT. Zudem findet die angeführte, vordergründig positive Entwicklung auf einem zu niedrigen Niveau statt, da der prozentuale Anteil der Jugendlichen, die einen MINT-Beruf ergreifen möchten, im Vergleich zu den Angaben der Bundesagentur für Arbeit zu sozialversicherungspflichtigen Beschäftigten in MINT-Berufen, gering ausfällt. Bezüglich der getesteten Geschlechterdifferenz besteht auf den Systemebenen (Bildungs-)Politik, Schulen, Universitäten/Fachhochschulen und Familien somit weiterhin Handlungsbedarf.

1.3 Die Arbeitswelt bleibt weiterhin nach Geschlechtern segregiert

Da das Berufs- und Studienwahlverhalten von Jugendlichen geschlechtstypisch ist (vgl. Esch & Grosche, 2010) – dies gilt im Übrigen auch für andere Nationen (vgl. Rottinghaus, Coon, Gaffey & Zytowski, 2007) – und sich Mädchen bei der Berufswahl im Mittel zudem auf weniger Berufe beschränken als Jungen (vgl. Rahn, Brüggemann & Hartkopf, 2014), bleibt die Arbeitswelt nach Geschlechtern segregiert. Die Geschlechterdifferenz für die Verteilung des Interesses an naturwissenschaftsbezogenen Berufen, die PISA-2015 aufgezeigt hat (Tabelle 2), spiegelt sich in der Arbeitswelt wider. Während im Gesundheits- und Sozialwesen Vierfünftel und im Sektor Erziehung/Unterricht Zweidrittel Frauen arbeiten, machen Männer Dreiviertel des Beschäftigungsanteils im industriellen Sektor aus (vgl. Semmler, 2016, S. 19).

Tabelle 2: Verteilung des Interesses an Arten naturwissenschaftsbezogener Berufe – nach Geschlecht differenziert (aus Schiepe-Tiska, Simm & Schmidtner, 2016, S. 121).

	Naturwissenschaften, Mathematik, Ingenieurwesen	Naturwissenschaftsbezogene Technikberufe	Informations- und Kommunikationstechnologie	Gesundheitsberufe
Mädchen	35 %	9 %	3 %	52 %
Jungen	51 %	6 %	29 %	14 %

Diese horizontale Segregation zeigt sich ebenfalls in den MINT-Bildungsgängen, an denen Studenten einen höheren prozentualen Anteil als Studentinnen haben. Tabelle 3 ist zu entnehmen, dass die Frauenanteile sich in den MINT-Studiengängen bzw. in den Studiengängen mit MINT-Bezug deutlich unterscheiden. Komparativ wurden die Fächer Chemie und Chemietechnik, für die der prozentuale Frauenanteil zuletzt 39,4 Prozent bzw. 35 Prozent (eigene Berechnungen auf der Grundlage der Daten aus Tabelle 3) betrug, hervorgehoben.

*Tabelle 3: Anteil von Student*innen an ausgewählten MINT- bzw. MINT-affinen Fächern – nach Geschlecht differenziert (eigene Darstellung auf der Grundlage von Daten des Statistischen Bundesamtes, 2017).*

Anteil Männer > Anteil Frauen				Anteil Frauen > Anteil Männer			
Studienfach	männlich	weiblich	insgesamt	Studienfach	männlich	weiblich	insgesamt
Bergbau/Bergtechnik	1.667	306	1.973	Biochemie	3.537	4.526	8.063
Bioinformatik	1.415	839	2.254	Biogeographie	520	764	1.284
Chemie	27.581	17.958	45.539	Biologie	19.068	32.569	51.637
Chemie-Ing./-Technik	6.414	3.464	9.878	Biomedizin	718	1.267	1.985
Fahrzeugtechnik	13.041	985	14.026	Biotechnologie	5.677	6.773	12.450
Fertigungstechnik	7.105	1.075	8.180	Lebensmittelchemie	772	1.778	2.550
Ingenieurinformatik	9.517	1.551	11.068	Lebensmitteltechnik	1.930	2.634	4.564
Kommunikationstechnik	7.396	1.324	8.720	(LB Sachunterricht)	248	979	1.227
Luft- /Raumfahrttechnik	6.104	840	6.944	Medizin(Allgemein-)	35.360	54.638	89.998

Maschinenbau/-wesen	106.769	13.334	120.103	Pharmazie	4.806	10.742	15.548
Mechatronik	16.405	1.417	17.822	Textiltechnik	585	2.995	3.580

Anhand der Werte wird deutlich, dass der prozentuale Frauenanteil in Chemie derzeit rückläufig ist (vgl. acatech/Körper-Stiftung, 2017). Im Jahr 2014 lag er bei 45,5 Prozent (vgl. Cordes & Kerst, 2016, S. 19, Abb. 3.10). Gleichwohl sind Schwankungen des prozentualen Frauenanteils in Chemie nicht ungewöhnlich (2008: 50,8%, 2006: 49,1%, 2002: 36,7%, nach Leszczensky, Gehrke & Helmrich, 2011, Abb. 4.7, S. 92).

Der Frauenanteil in MINT fällt auch im internationalen Vergleich im Mittel gering aus. Differenziert nach Ländern erscheint die Lage heterogen, was anhand des Spektrums des Anteils der Absolventinnen in den Naturwissenschaften von 54 Prozent für Italien bis 20 Prozent für die Niederlande (Stand 2008) (ebd., S. 92) ersichtlich ist. Auch in einigen arabischen Ländern fällt der prozentuale Anteil an MINT-Studentinnen höher aus als in Europa (vgl. OECD, 2012, S. 101). Die Daten lassen den Schluss zu, dass die Berufs- und Studienfachwahl von Frauen durch soziokulturelle Faktoren beeinflusst wird. Sie bieten jedoch keinen Hinweis darauf, um welche Faktoren es sich im Einzelnen handelt. Für belastbare Interpretationen bedarf es multifaktorieller Analysen, die auch die einzelnen MINT-Fächer komparativ betrachten. Im Rahmen der bislang vorliegenden wissenschaftlichen Analysen von Geschlechterdifferenzen bezüglich der MINT-Berufswahl wurden die Selbstwirksamkeitserwartungen (vgl. Cheryan, Ziegler, Montoya & Jiang, 2017; Kessels, 2012) sowie die Freude und das Interesse der Schüler*innen an MINT (vgl. Schiepe-Tiska, Simm & Schmidtner, 2016, S. 111) ebenso diskutiert, wie Einflüsse von bisweilen geschlechtskonnotierten Images von Fächern und Berufen auf Entscheidungen von Schüler*innen (vgl. Cheryan, Ziegler, Montoya & Jiang, 2017; Hannover & Kessels, 2002). Dementsprechend wurden in Konzeptionen und Evaluationen von Maßnahmen zur Berufsorientierung, neben der Förderung des Fachinteresses der Schüler*innen, zunehmend Prädiktoren des Selbstkonzepts von Schüler*innen fokussiert (vgl. Ratschinski, 2009). In Ergänzung dazu hat sich in der Fachdidaktik Chemie ein Bewusstsein für die Authentizität von Lernumgebungen in Bezug auf die Gestaltung von Maßnahmen und Forschungen zur Berufsorientierung in MINT herausgebildet. Es steht allerdings noch aus, diese um adäquate gendersensible Betrachtungen zu erweitern.

2 Die Berufsorientierung in Chemie aus gendersensibler Sicht

Ob der Chemieunterricht eine geeignete Plattform für die Berufsorientierung bietet, war zuletzt umstritten, da ausgewählte Befunde Defizite aufgezeigt haben. So gaben in der Studie von Spitzer (2017) die befragten Schüler*innen an, sie wüssten wenig über chemiebezogene Berufe und wollten auch *nicht* mehr Informationen im Unterricht dazu erhalten (ebd., S. 167), und in einer Befragung in PROFILES wurde die Güte der praktischen Umsetzung der Berufsorientierung im naturwissenschaftlichen Unterricht gering eingestuft (vgl. Bolte, 2003). In Anbetracht der Kritik werden derzeit drei Strategien zur Steigerung der Qualität von berufsorientierenden Maßnahmen in Chemie verfolgt: erstens eine inhaltlich-methodische Neuausrichtung der Berufsorientierung im Chemieunterricht, zweitens die Auslagerung der Berufsorientierung in den außerschulischen Bereich (Schülerlabore, Science in Public) und drittens eine Kombination aus diesen beiden Strategien. Ein zentrales Merkmal aller Strategien ist die fachdidaktische Forderung nach einer authentischeren Berufsorientierung in Chemie. Sie basiert auf dem Vorwurf, der Chemieunterricht bilde mit seinen Inhalten die Arbeitswelt nicht adäquat ab. Haucke (2014) führt zum Beispiel Aussagen von Unternehmensvertretern an, denen zufolge es den Schüler*innen an Bewusstsein für klassische Labortätigkeiten wie „(...) das Prüfen von einzelnen Produkten bzw. ganzer Produktionschargen im Sinne einer Qualitätssicherung“ (ebd., S. 145) und an Schlüsselqualifikationen wie Genauigkeit und Ordnung fehle. Stattdessen hätten sie „(...) das schulische Bild von der Chemie mit immer neuen und spannenden Experimenten vor Augen (...)“ (ebd.). Momentan zielen die fachdidaktischen Bestrebungen, mehr Authentizität zu schaffen, darauf ab, Informationen zu Berufen kombiniert mit praktischen Aufgaben einzusetzen (vgl. Parchmann, Lühken, Haucke & Pietzner, 2014). Albertus (2015) hat den Berufe-NaWigator konzipiert, mit dem chemiebezogene Berufsbilder mit Schülerversuchen zum Berufsalltag verknüpft werden. In ähnlicher Weise verfahren Sokolowski und Pietzner (2015) sowie Paschke und Eilks (2017). Im Projekt Chem-Trucking (Spitzer, 2017, S. 172-190) kommt Authentizität darin zum Ausdruck, dass die Veranstalter*innen mit ihrem berufsorientierenden Programm die Schüler*innen dort in deren Umfeld besuchen, wo der Einsatz von chemischer Umweltanalytik möglich ist, damit eben diese Facette der Berufswelt möglichst realitätsnah vermittelt werden kann.

Ein Manko zahlreicher berufsorientierender Maßnahmen in Chemie ist, dass die Diversitätsdimension Geschlecht zwar berücksichtigt wird, allerdings bislang aus-

schließlich mit einer Schwerpunktsetzung auf Geschlechterdifferenzen, bezogen auf fachspezifische Kompetenzen, Fähigkeitsselbstkonzepte/Selbstwirksamkeitserwartungen und Interessen hinsichtlich der Studien- und Berufswahl, beforscht wird. Die Perspektive Geschlechterdifferenzierungen (*Doing Gender*) wird vernachlässigt und somit vergibt man die Möglichkeit, Rekonstruktionen von Geschlechterdifferenzen, die in interaktiven Prozessen unbemerkt ablaufen, zu markieren. Gemäß dem sozial-konstruktivistischen Konzept *Doing Gender* (vgl. Gildemeister, 2008) konstituieren sich Geschlechterdifferenzen und Geschlechtszugehörigkeiten durch ein unablässiges, interaktives *Tun* von Menschen. Sozial geteilte Auffassungen von vermeintlich naturgegebenen Geschlechterdifferenzen in Interessen und von einer geschlechtlichen Fixierung von Individuen sowie Sozialarrangements, kulturelle Objekte und Medien unterstützen Menschen darin, Begegnungen zu choreografieren, in denen Geschlechterdifferenzen relevant erscheinen. Sie bilden zusammen ein Strukturgerüst für *Doing Gender*, dem innerhalb der Interaktionen keine Aufmerksamkeit mehr geschenkt wird, weil ein Hinterfragen von Geschlechterdifferenzierungen gewöhnlich nicht im Vordergrund von zwischenmenschlichen Begegnungen steht. Folglich wird *Doing Gender* nicht reflektiert. So gesehen, erscheint es nicht abwegig zu sein, dass sich selbst im Rahmen von Fördermaßnahmen für Mädchen unterschwellig konstraintentionale Muster, die Geschlechterdifferenzen hervorbringen, ausbilden.

Im Folgenden wird anhand von drei Exempeln zu Konzepten in der Berufsorientierung aufgezeigt, wie diese Konzepte selbst zu Aktivierungsquellen für die Rekonstruktion von Differenzen geraten können, obwohl die Organisator*innen von Fördermaßnahmen eine andere Intention verfolgen. Betrachtet werden erstens außerschulische Events zur Steigerung des Interesses von Schülerinnen an MINT und an einer MINT-Berufswahl, zweitens die den berufsorientierenden Tools zugrunde liegenden Annahmen zu Geschlechterdifferenzen hinsichtlich der Eignung von Menschen für eine Karriere in Berufsdomänen und drittens die Idee der Implementierung von biografischen Inhalten über weibliche Role Models in den Chemieunterricht.

2.1 Rekonstruktion von Geschlechterdifferenzen durch außerschulische Events zur Steigerung des Interesses von Schülerinnen an MINT?

Evaluationen belegen für außerschulische Fördermaßnahmen, wie z.B. für Exkursionen zu Schülerlaboren, positive Resultate und zeigen gleichwohl auf, dass deren Wirkung „nicht

nachhaltig“ ist (Mokhonko, Nickolaus & Windaus, 2014, S. 156; Ziegler, Reutlinger & Hering, 2012, S. 229). Aus gendersensibler Sicht erscheint die Tatsache bedenkenswert, dass Themen wie „Naturstoffe in der Kosmetik“, „Die Bärchen sind los“, „Ästhetik und Chemie“, „Haut und Haare“ und „Duft Duftstoffe“, die den Schülerinnen dargeboten wurden (vgl. Mokhonko, Nickolaus & Windaus, 2014, Tabelle 10, S. 157), vermeintlich geschlechtstypisch wirken. Ein Grund hierfür liegt vermutlich darin, dass als ein Gestaltungskriterium ausgewiesen wurde, Themen auszuwählen, die „[...] die Vorerfahrungen der Mädchen ansprechen und einen Bezug zum Alltag haben [sollten]“ (ebd., S. 148). Zudem wird deutlich, dass den Teilnehmerinnen hinsichtlich ihrer Berufsorientierung eher artifizielle Inhalte angeboten wurden. Schülerlabore begeistern Jugendliche dafür, sich für ein paar Stunden auf die spannende MINT-Welt einzulassen, wodurch zugleich das Interesse an einer Berufswahl in MINT gesteigert werden soll. Im ungünstigsten Fall entsteht jedoch ein verquerer Eindruck von dieser beruflichen Domäne. Denn den Teilnehmerinnen dürfte bewusst sein, dass die Arbeitswelt nicht primär Spaßig ist und sich mit anderen Themen als mit Gummibärchen oder ästhetischen Aspekten der Chemie beschäftigt. Das Problematische an der Fokussierung auf sogenannte Mädchen-Themen ist, dass sie einerseits der Idee des Lernens von Chemie in authentischen Kontexten und andererseits der Bemühung, den Chemieunterricht von Geschlechterstereotypen zu befreien, entgegenwirkt. Denn mit ihr werden Mechanismen, über die geschlechterbezogene Stereotype des Alltags in den Chemieunterricht gelangen und die das Gegensatzpaar männlich/weiblich gemeinsam mit weiteren Gegensatzpaaren wie aktiv/passiv, stark/schwach und positiv/negativ arrangieren, wodurch es letztendlich zu einer Bewertung der polar gedachten Gegensätze kommt (vgl. Prechtel & Reiners, 2007), nachhaltig manifestiert. Die Art des Mechanismus lässt sich mit der Konzeptidee der Nötigung durch Systematizität des Soziologen Bourdieu charakterisieren (vgl. ebd.). Dasselbe gilt für das nachfolgende Exempel.

2.2 Rekonstruktion von Geschlechterdifferenzen durch polarisierende Grundannahmen, die RIASEC-Tools zugrunde gelegt wurden?

Mittlerweile können Schüler*innen auf sehr ausgefeilte und wissenschaftlich evaluierte Tools zur Studien- und Berufswahl zurückgreifen (z.B. was-studiere-ich.de; Hell, Päßler & Schuler, 2009). Viele dieser Tools basieren auf dem RIASEC-Konzept nach John Holland, das breit rezipiert wurde (vgl. Eder & Bergmann, 2015). Die sechs Initialen stehen für die

sechs Interessenorientierungen *realistic*, *investigative*, *artistic*, *social*, *enterprising* und *conventional*, zu denen in der Tabelle 4 typische Attribute und Aktivitäten in Berufsfeldern zugeordnet wurden. Da Personen nicht strikt allein einem dieser Typen zugeordnet werden können, da im Alltag verschiedene Orientierungen relevant werden, erfolgt die Berufsorientierung auf der Grundlage der Charakterisierung durch die Anfangsbuchstaben der drei am deutlichsten ausgeprägten Orientierungen, wie beispielsweise IRC für Chemielaborant*in. Auf diese Weise werden 120 Subtypen generiert, die Berufen zugeordnet werden. Das Konzept stellt für die Berufsorientierung eine große Hilfe dar, wird hinsichtlich seiner Aussagekraft zuweilen jedoch überstrapaziert. Es wird „(...) in der Richtung missverstanden, dass das Vorhandensein einschlägiger Personorientierung oder Interessen bereits auch ein valider Hinweis auf das Vorhandensein von Fähigkeiten in diesen Bereichen wäre“ (ebd., S. 23). Zudem kann aufgrund der Systematik der Eindruck entstehen, ein bis drei Faktoren genügen, um die Persönlichkeit eines Menschen einerseits und ein Berufsfeld andererseits klar abzubilden.

Tabelle 4: Zuordnung der Dimensionen von Hollands RIASEC-Konzepts zu Aktivitäten in Berufsfeldern (zusammengestellt in Anlehnung an Eder & Bergmann, 2015; Dierks, Höffler & Parchmann, 2014).

Dimension	Attribut	Zuordnung klassischer Berufe	Typische Aktivitäten im Beruf	Aktivitäten im Berufsfeld Chemie
R - <i>realistic</i>	technisch versiert	Handwerker*in, Mechaniker*in	mit den Händen arbeiten, Maschinen nutzen	Probenentnahme, Routinemessung, Datenerhebung
I - <i>investigative</i>	analytisch	Naturwissenschaftler*in	Analysieren, Lernen, Lesen, Untersuchen	Experimentieren, Datenanalyse, Literaturrecherche
A - <i>artistic</i>	kreativ	Künstler*in, Kulturreferent*in	ungewöhnliche Ideen finden, Ästhetik inszenieren	Forschungsideen/-instrumente (kreativ) entwickeln
S - <i>social</i>	einfühlsam	Lehrer*in, Sozialarbeiter*in	Lehren, für das Wohl anderer Menschen sorgen	Betreuung von Schüler*innen bzw. Student*innen
E - <i>enterprising</i>	führend	Manager*in, Unternehmer*in	Führen, Organisieren, ökonomisch Planen	Projektmanagement, Drittmittelakquise, Lobbying
C - <i>conventional</i>	präzise	Sekretär*in, Kauffrau/Kaufmann	Anweisungen befolgen, Kontrollieren	Administrative Tätigkeiten, Datenverwaltung

Die Systematisierung mit RIASEC-Tools bietet zahlreiche Vorteile. Insbesondere ermöglicht sie eine auf definierten Kriterien basierende Orientierung innerhalb der Berufswelt mit ihren mannigfaltigen Spezialisierungen. Ein Nachteil ist, dass jungen Menschen zuweilen der Konstruktionscharakter wissenschaftlicher Systematisierungen nicht bewusst ist, wodurch es zu weiteren Einschränkungen von ohnehin durch stereotypische Vorstellungen verengten Handlungsspielräumen kommen kann. Diese offenbaren sich in einer Befragung über Chemieberufe von Haase und Pietzner (2016), in der sich die Angaben der Schüler*innen zum Tätigkeitsprofil von Chemiker*innen und Laborant*innen weitgehend auf die Aspekte Experimentieren, Arbeit mit Chemikalien, Forschen,

Schreiben und Rechnen beschränkten. Sie offenbaren sich auch in Untersuchungen zum Verständnis von Kreativität bei Student*innen: Kreativität wird oft vorschnell der künstlerischen Dimension zugeordnet und nur selten mit Chemie in Verbindung gesetzt wird, obwohl sie für den naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozess höchst bedeutungsvoll ist (vgl. Bliersbach, 2017).

Wissenschaftliche Systematisierungen werden üblicherweise anhand von empirisch ermittelten Werten legitimiert. Dadurch kann bei Schüler*innen und Student*innen der Eindruck entstehen, dass alternative Konzepte erst gar nicht zulässig sind. Als Folge kommt es zu monokausalen Interpretationen von komplexen Zusammenhängen. An dem folgenden Beispiel soll dies verdeutlicht werden: Geschlechterdifferenzen werden für die RIASEC-Dimensionen *realistic* und *investigative*, mit hohen Ausprägungen für Männer, versus *social* und *artistic*, mit hohen Ausprägungen für Frauen, angenommen (vgl. Eder & Bergmann, 2015, S. 26). In einigen Publikationen wird dies auf die Aussage reduziert, Männer interessierten sich für Dinge und deren Funktion und Frauen interessierten sich für Personen und deren Gefühle, da die Geschlechterdifferenzen für die Dimensionen, die die Marker der Dinge-Personen-Bipolarität bilden, empirisch getestet wurden (vgl. Su, Rounds & Armstrong, 2009; Hell, Päßler & Schuler, 2009; Lippa, 2001). Gemäß der zuvor angeführten Kritik, können Aussagen über diese Bipolarität zu einem Problem geraten, wenn damit strukturelle Ungleichheiten und darüber hinaus Diskriminierung erzeugt werden. Dies wäre der Fall, würde der Schluss gezogen, Chemieberufe, das heißt Tätigkeiten mit Laborgeräten und Substanzen, eigneten sich in besonderer Weise für Männer. Wie ließe sich die sozial konstruierte Differenz in diesem Fall dekonstruieren? Welche Gegenmaßnahme wäre zu ergreifen? Eine Möglichkeit, einer solch reduzierten Auffassung kritisch-konstruktiv zu begegnen, bestünde in der Umdeutung (engl. *reframing*) mittels Imagination von Fällen, mit denen die Dinge-Personen-Bipolarität in Frage gestellt wird. Als Fall stelle man sich eine Chemikerin im Bereich der Onkologie, die an einem Wirkstoff gegen Krebs forscht (*investigative*) und die ihre Tätigkeit in den Dienst krebserkrankter Menschen stellt, denen sie sich in Fürsorge verbunden fühlt (*social*), vor. Es ist vorstellbar, dass sie mit der Leitung ihrer Forschungsgruppe und der Drittmittelakquise beauftragt ist (*enterprising*), Geschick im Umgang mit ihren Laborgeräten zeigt (*realistic*), usw. Eine weitere Möglichkeit, den Rahmen der vermeintlichen Vorstellung von Schüler*innen, Chemie spiele sich ausschließlich im Labor ab und erfordere ausschließlich sachlich-logisches Denken, zu erweitern, stellt die Arbeit mit chemiebezogenen Kontexten, die mehrere RIASEC-Dimensionen berücksichtigen, dar. Mit ihnen wird der enge Fokus auf

die Verbindung zwischen Chemie und der Dimension *investigative* erweitert (vgl. Dierks, Höffler & Parchmann, 2014). In diesem Sinne wird mittels der fünften Spalte von Tabelle 4 hervorgehoben, dass sich alle Dimensionen des RIASEC-Konzepts, wenn auch in unterschiedlicher Ausprägung, auf Aktivitäten im Berufsfeld Chemie applizieren lassen. Eben dieser Hinweis könnte Schüler*innen während der Berufsorientierung dazu ermutigen, die MINT-Berufe auf die eigenen Interessen hin genauer unter die Lupe zu nehmen. So gesehen, setzen die innovativen Kontexte von Dierks, Höffler und Parchmann (2014) emanzipatorisches Potenzial frei.

2.3 Rekonstruktion von Geschlechterdifferenzen via die Darbietung von weiblichen Role Models im Unterricht?

In den vergangenen Jahrzehnten wurden wiederholt Plädoyers für die Integration von Biografien über weibliche Role Models in das Curriculum des Chemieunterrichts von Fachdidaktikerinnen publiziert (vgl. die Übersicht in Prechtel, 2014, S. 132f.). Diese Forderung ist zu würdigen. Indes ist zu berücksichtigen, dass sie sich als ein doppelschneidiges Schwert entpuppt, wenn die Biografien Aktivierungsquellen von geschlechtsbezogenem Wissen darstellen und die Rekonstruktion von Geschlechterdifferenzen auf diese Weise unbeabsichtigt gefördert wird (ebd., S. 134-142). Einerseits zeigen Biografien auf, welche Persönlichkeitsentwicklungen für Frauen möglich waren, andererseits führen sie zuweilen vor Augen, dass bestimmte Handlungsmöglichkeiten für Frauen innerhalb ihrer Wirkstätten begrenzt wurden. So zeugen einige Biografien berühmter Wissenschaftlerinnen davon, dass Frauen temporär vom Wissenschaftsbetrieb ausgeschlossen und vonseiten Dritter hinsichtlich ihrer familiären Rolle oder ihres äußeren Erscheinungsbildes als defizitär beurteilt wurden. Eingedenk dieses Dilemmas wurden vier alternative Konzepte vorgeschlagen (vgl. Prechtel, 2015, S. 101-104), die unterschiedliche Aufgaben der gendersensiblen Gestaltung von (außer-)unterrichtlichen Lernarrangements abbilden und hinsichtlich verschiedener Zielsetzungen ineinandergreifen:

- *analysis. Stereotypische Repräsentationsformen ‚zerlegen‘.* Es geht um das Entlarven von unausgewogenen Anteilen und stereotypischen Repräsentationen von Frauen und Männern in den Medien und um das Indizieren des Mangels an Diversität.
- *discovery. Vorbilder im eigenen Lebensumfeld auffinden.* Es geht darum, Schüler*innen die Möglichkeit zu bieten, lokale Held*innen aufzuspüren und sie den Mitschüler*innen vorzustellen. Als Leitlinie bietet sich das Giraffe Heroes Project (www.giraffe.org) an.

- *catalysis. Berufsorientierungs- und Karriereprozesse durch Mentoring und Coaching unterstützen und vorantreiben.* Die beiden Optionen werden nachfolgend im Abschnitt 3.1 dieses Beitrags beleuchtet und um das Konzept der aktivierenden Elternarbeit ergänzt.
- *synthesis. Dienliche ‚Bilder‘ von Frauen und Männern mit geeigneten Medien verknüpfen.* Im Abschnitt 3.2 wird die Konzeptidee einer gendersensibel inszenierten Repräsentation von weiblichen Role Models in Chemie via Bildersequenzen vorgestellt.

3 Gerüste und offene Baustellen einer individuellen Berufsorientierung

Neben Berufsberater*innen und Lehrer*innen bilden Mentor*innen, Coaches und Eltern die Gerüste für die Berufsorientierung. Darauf wird im ersten Teil dieses Abschnitts eingegangen. Entscheidend ist, dass Jugendliche Ansprechpartner*innen finden, von denen sie den individualisierten Zuspruch erhalten, ihre Berufs- und Studienfachwahl an ihren persönlichen Neigungen und nicht an stereotypischen Vorstellungen von Männer- und Frauendomänen auszurichten. Dies setzt die Gendersensibilität der Betreuer*innen voraus, insbesondere in Anbetracht des Problems, dass diese vielfach auf Informationsbroschüren und Videos zurückgreifen müssen, die Geschlechterdifferenzen latent rekonstruieren und Diversität nicht gebührend abbilden. Der Möglichkeit, Bildersequenzen für eine gendersensible Berufsorientierung in Chemie selbst zu gestalten, ist der zweite Teil dieses Abschnitts gewidmet.

3.1 Individualisierte Berufsorientierung durch Mentor*innen, Coaches und Eltern

Mit Mentoring wird ein durch gegenseitiges Wohlwollen charakterisierter Zusammenschluss einer Person, die sich in der akademischen bzw. beruflichen Entwicklung befindet, mit einer berufserfahrenen Person (Mentor*in) bezeichnet (vgl. Ziegler, 2009, S. 11). Letztere ist in einer Schlüsselposition tätig und fördert die zu protegierende Person indem sie ihr repräsentative Erfahrungsgelegenheiten bietet und ihr zu verstehen gibt, wie effektive Verhaltensskripts an die Stelle von weniger effektiven Verhaltensskripts gesetzt werden können (ebd., S. 13, S. 19). Dies verlangt Geduld und Zeit, da neue Fertigkeiten

und Haltungen einem inneren Fundus einwachsen müssen, der sich in nicht immer einträchtigen Kontakten mit Mitmenschen bewähren muss. (Einen Überblick zu Mentoring-Angeboten bietet www.komm-mach-mint.de; neben Eins-zu-eins-Kontakten erfolgt Mentoring auch auf Internetplattformen: www.cybermentor.de). Unter optimalen Bedingungen stellt Mentoring eines der effektivsten Programme dar, das Personen, die sich in der Berufsorientierung befinden, hilft, ihr Potenzial zu verwirklichen (ebd., S. 11). Die Qualität dieses hoch individualisierten Prozesses hängt allerdings von der Beziehungsgüte innerhalb der Zusammenschlüsse und von der Laufzeit der Maßnahme ab.

Eine Variante des Mentorings ist das Coaching in Student*in-Schüler*in-Paaren. Rock Your Life! (www.rockyourlife.de) zählt zu den Erfolgsmodellen in diesem Feld (vgl. Esser, 2014). Das Angebot ist nicht MINT-spezifisch. Laut Eigenbericht erreichte es seit der Gründung 2009 bis 2016 5.074 Schüler*innen und 6.713 Student*innen. 2016 gaben 83 Prozent der Schüler*innen an, durch das Job-Coach-Training passende Berufe für sich gefunden zu haben und 88 Prozent von ihnen bestätigten, dass sie sich durch das Training sicherer in Bezug auf ihre berufliche Zukunft fühlten. 86 Prozent der Student*innen und 93 Prozent der Jugendlichen haben zugestimmt zu, dass das Coaching rückblickend für sie ein wichtiger Einstieg in die Berufsorientierung war. (Die Wirksamkeitsstudien können auf der Projektwebseite eingesehen werden.)

Freilich steht ein Mentoring oder ein Coaching, beispielsweise wegen der Wohnort-situation, nicht allen Jugendlichen zur Verfügung. Deshalb setzen mittlerweile einige berufsorientierende Projekte auf das Konzept der aktivierenden Elternarbeit (vgl. Sacher, 2011; Sacher, 2008). Inwiefern Familienmitglieder hinsichtlich der Berufsorientierung die Funktion von Role Models oder Mentor*innen innehaben können, hängt von deren Beruf und Bildungsniveau ab. In vielen Publikationen wurden positive Korrelationen zwischen der Berufstätigkeit der Mütter bzw. einer naturwissenschaftlich-technischen Berufsorientierung der Eltern und den Karrierebestrebungen von Töchtern im Allgemeinen bzw. in MINT-Berufen ausgewiesen (vgl. Leslie, McClure & Oaxaca, 1998; Beyer, 1995; Jackson, Gardner & Sullivan, 1993; Amstey & Whitbourne, 1988; Almquist & Angrist, 1971). Selbst wenn die Eltern nicht in einem der zahlreichen MINT-Berufe tätig sind, spielen sie eine wichtige Rolle im Prozess der Berufswahlentscheidung der Jugendlichen. Zum einen belegen Studien, dass die Jugendlichen mit ihren Eltern sprechen, wenn es um Berufswahlen geht, die Eltern hinsichtlich der Berufswahl ein Mitspracherecht haben und die Jugendlichen sich das Engagement ihrer Eltern auch wünschen (vgl. Thurnherr, Schönenberger & Brühwiler, 2013, S. 269; Dietrich & Kracke, 2009; Sacher, 2008, S. 266;

Beveridge, 2005, S. 90); dies gilt selbst für Familien, in denen sich das Eltern-Kind-Verhältnis konfliktreich gestaltet (vgl. Beinke, 2005). Zudem finanzieren Eltern häufig einen Teil der Berufsausbildung bzw. des Studiums ihres Kindes mit und werden auch aus diesem Grund in die Entscheidungsprozesse involviert. Laut dem 21. Sozialprofil der Studierenden in Deutschland, das auf der Grundlage der Angaben von über 55.000 Student*innen erstellt wurde, erhielten zuletzt 86 Prozent der Student*innen finanzielle Unterstützung durch ihre Eltern (vgl. Deutsches Studentenwerk, 2017). In einigen Programmen wurden Eltern unter professioneller Anleitung aktiv in die Berufsorientierung ihrer Kinder, inklusive Netzwerktreffen und Besuchen in ortsansässigen Unternehmen, mit eingebunden (vgl. www.technik-braucht-vielfalt.de). Ferner gibt es Online-Angebote wie Komm auf Tour (www.komm-auf-tour.de), mit denen Jugendliche und Eltern sich gemeinsam über berufsbezogene Eignungen klar werden können. Von der Netzwerkbildung mit Elternbeteiligung profitieren Schüler*innen wie Organisationen. Das Gros der Jugendlichen befürwortet Kooperationen zwischen den Eltern, Lehrpersonen und Unternehmen (vgl. Beveridge, 2005, S. 92). Akteur*innen in Netzwerken sehen den Vorteil, dass der „Versäulung“ von Zielsetzungen, Arbeitsprozessen und Zuständigkeiten in der Bildungskette vorgebeugt wird (Süss, Felger, Huber, Yüksel & Firat, 2011, S. 107). Wenn die Kenntnisse von Eltern über die Bewerbungsmodalitäten und die wirtschaftliche Situation allerdings falsch sind oder wenn sie geschlechterstereotypische Muster der Berufswahl rekonstruieren, kann sich ihr Mitwirken an der Berufsorientierung kontraproduktiv erweisen. Es ist somit von Fall zu Fall abzuwägen, ob als Alternative ein Mentoring oder ein Coaching in Betracht gezogen werden sollte.

3.2 Unterstützung der Berufsorientierung durch gendersensibel gestaltete Lernmaterialien

Die Berufswahl kann als ein Passungsprozess aufgefasst werden, d.h., in Anlehnung an Hannover und Kessels (2002), als ein Abgleich des Selbstkonzepts einer Person mit dem Image einer Berufsdomäne. Während Physik und Technik als deutlich maskulin aufgefasst werden, changiert die Geschlechtskonnotation für Chemie zwischen maskulin und neutral. Beispielsweise hat Spitzer (2017) bei Achtklässlerinnen ein neutrales Image für Chemie getestet (ebd., S. 110). Hinsichtlich des Passungsprozesses in der Phase der Berufsorientierung, kann diese Verschiebung einen Unterschied ausmachen. In einer Schweizer Studie zu Berufs- und Studienwahlen von jungen Frauen wählte rund ein Drittel der Teilnehmerinnen ein Fach, das von Frauen und Männern gleich häufig belegt wurde (vgl.

Makarova, Aeschlimann & Herzog, 2016, S. 41f.). Da die Images von Fächern und Berufen auf die Studienfach- und Berufswahl nachweislich Einfluss nehmen, erscheint es geboten, geschlechtskonnotierte Images von Fächern und Berufen zu revidieren. Dies gelingt, indem Medien, die Geschlechterstereotype perpetuieren, durch gendersensible Varianten ersetzt werden.

Das Projekt MINTiFF (2007-2013) hat aufgezeigt, dass MINT-Berufe, wenn sie denn überhaupt im Fernsehen vorkommen, meist in stereotypischer Weise dargeboten werden. Vor diesem Hintergrund wurde die Einbindung geeigneter MINT-Role-Models in beliebte TV-Serien vorgeschlagen (vgl. www.mintiff.de). Als Fachdidaktiker*in oder als Lehrer*in hat man keine Möglichkeit, Drehbücher zu beeinflussen oder Serien zur Berufsorientierung selbst zu drehen. Aber es bietet sich die eigene Gestaltung von Bildersequenzen als eine praktikable Alternative an (vgl. Prechtel, 2014, S. 156ff.).

Für die Vorbereitung eines Storyboards können Berufstätige aufgesucht werden. Deren Berufsalltag lässt sich alternativ auch über den Zugriff auf bereits bestehende Filme über Berufe (www.berufe.tv; www.berooobi.de) dokumentieren und um verschiedene Elemente, zum Beispiel um aktuelle Aspekte des Berufsbildes oder um Handlungen, die den Beruf von einer weniger stereotypischen Seite zeigen, indem verschiedene RIASEC-Attribute hervorgehoben werden, ergänzen. Die Konzeption und Gestaltung von chemiebezogenen Bildergeschichten (Abbildung 1) wurde in das Chemie-Lehramtsstudium der PH Weingarten und der TU Darmstadt implementiert. Innerhalb des Lehramtsstudiums im Fach Chemie an der Technischen Universität Darmstadt ist zudem eine Projektarbeit zur Kontextualisierung von chemiebezogenen Lerninhalten im Cut-Out-Animationsstudio obligatorisch. Beide Aufgaben fördern verschiedene (kreative) medienbezogene Fähigkeiten und Fertigkeiten der Student*innen und schulen, über die fachdidaktische Reflexion der Interdependenz von Zielpersonen, Methoden und Lerninhalten (Auswahl, Strukturierung) hinaus, die Reflexion von Lernarrangements unter Berücksichtigung von verschiedenen Diversitätsdimensionen. Für die empirische Auswertung und Weiterentwicklung der Bildergeschichten ist die Orientierung an Oechslin (2013) zu empfehlen. Sie bietet Anregungen für eine wissenschaftliche Begleitung der Entwicklung von sequenzieller Kunst mit Anschauungsbeispielen zu der Vorabklärung der Typeneinschätzung der Figuren bezüglich Geschlecht sowie zu der Einschätzung der visuellen Attraktivität der Figuren, die als persuasionsfördernde Faktoren bedeutungsvoll sind.¹

¹ Einen Eindruck davon, dass persuasive Kommunikation mittels Medien gelingen kann, vermittelt eindrucksvoll die US-amerikanische Musical-Fernsehserie *glee* (2009-2015 für den Sender Fox produziert), in der positive Botschaften zu



*Abbildung 1: Beispiele für chemiebezogene Bildergeschichten, die von Lehramtsstudent*innen erstellt wurden.*

4 Resümee und Ausblick

Ausgehend von einem hohen Bedarf an Fachkräften in MINT-Berufen, sind weitere Anstrengungen notwendig, um geeignete Kandidatinnen zu gewinnen. Zu berücksichtigen ist fernerhin, dass sich in Anbetracht der zukünftig steigenden Schüler*innenzahl ein höherer Bedarf an Lehrer*innen ergeben wird (vgl. Klemm & Zorn, 2017). Anhand von drei Exempeln wurde aufgezeigt, dass sich schulische und außerschulische Möglichkeiten der Berufsorientierung bieten, dass diese allerdings auch die Rekonstruktion von Geschlechterdifferenzen vorantreiben können. Daraus lässt sich die Forderung ableiten, im Rahmen der individuellen Förderung von Schüler*innen während der Berufsorientierung, dafür Sorge zu tragen, dass alle Akteur*innen ihre Handlungen gendersensibel reflektieren und dass Informations- und Lernmaterialien unter eben dieser Maßgabe zu gestaltet sind. Wie eingangs erwähnt, ist die Lebenswirklichkeit von Menschen durch verschiedene Dimensionen von Diversität beeinflusst. Die fachdidaktische Herausforderung, Schüler*innen individuell zu fördern, erfordert, neben der in diesem Beitrag fokussierten gendersensiblen Gestaltung von Werkzeugen für die Berufsorientierung, weitere Schnittstellen mit MINT und Geschlecht in den Blick zu nehmen. So ließe sich die fach-

didaktische Forschung zu Konzepten der individualisierten Förderung von Schüler*innen Schritt für Schritt intersektional ausrichten.

Als die Gemeinsame Wissenschaftskonferenz 2011 insgesamt 319 Maßnahmen zur Steigerung des Frauenanteils in den MINT-Fächern auswerten ließ, zeigte sich, dass zu 75 Prozent auf Begleitmaßnahmen gesetzt wurde und kaum Veränderungen innerhalb der Studiengänge erzielt wurden. Auch in dieser Hinsicht gibt es noch viel zu tun, da Analysen zu Karrieren von Wissenschaftlerinnen offenbaren, dass Strukturen im Wissenschaftssystem, wie die Zugehörigkeit zu einem Netzwerk, der spezifische Habitus in einem Berufsfeld und alltägliche Doing-Gender-Mechanismen, Karrierewege von Frauen blockieren (vgl. Dalhoff & Girlich, 2009; Pascher & Stein, 2013; Kahlert, 2012). Deshalb sollten zukünftig Projekte, die Genderkompetenz in Institutionen involvieren (vgl. z.B. KPVA, www.kiva.tu-darmstadt.de), stärker etabliert werden und es sollte das höhere Ziel einer nachhaltigen Veränderung von Institutionen (Universitäten, Unternehmen) durch die wertschätzende Implementierung der bislang nur wenig gewinnbringend genutzten Ressource Diversität mit Nachdruck verfolgt werden.

Widmung

Der Autor widmet seinen Beitrag Professorin Christiane S. Reiners, in kollegial-freundschaftlicher Verbundenheit, anlässlich ihres 60. Geburtstags.

Literatur

- acatech/Körper-Stiftung (2017). *MINT-Nachwuchsbarometer 2017. Fokusthema: Bildung in der digitalen Transformation*. Hamburg: acatech/Körper-Stiftung.
- Albertus, M. (2015). *Berufliche Orientierung als Bestandteil zeitgemäßen Chemieunterrichts. Eine Interventionsstudie zur Implementierung ausgewählter berufsorientierender Elemente in chemiebezogene Lernumgebungen der Sekundarstufe I*. Diss., Universität Berlin.
- Almquist, E. M., & Angrist, S. S. (1971). Role model influences on college women's career aspiration. *Merrill-Palmer Quarterly*, 17(3), S. 263-279.

- Amstey, F. H., & Whitbourne, S. K. (1988). Work and motherhood: Transition to parenthood and women's employment. *Journal of Genetic Psychology*, 149(1), S. 111-118.
- Beinke, L. (2005). Berufsorientierung: der erste Schritt zum Ausbildungserfolg. *Wirtschaft und Berufserziehung*, 57(7-8), S. 276-279.
- Beveridge, S. (2005). *Children, families and schools. Developing partnerships for inclusive education*. London: Routledge Falmer.
- Beyer, S. (1995). Maternal employment and children's academic achievement. *Developmental Review*, 15(2), S. 212-253.
- Bliersbach, M. (2017). *Kreativität im Chemieunterricht – Erhebung und Förderung der Vorstellungen von Chemielehramtsstudierenden*. Köln: Diss., Univ. zu Köln.
- BMAS (Bundesministerium für Arbeit und Soziales) (2017). *Fortschrittsbericht 2017 zum Fachkräftekonzept der Bundesregierung*. Berlin: BMAS.
- Bolte, C. (2003). Konturen wünschenswerter chemiebezogener Bildung im Meinungsbild einer ausgewählten Öffentlichkeit – Methode und Konzeption der curricularen Delphi-Studie Chemie sowie Ergebnisse aus dem ersten Untersuchungsabschnitt. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 9(1), S. 7-26.
- Cheryan, S., Ziegler, S. A., Montoya, A. K., & Jiang, L. (2017). „Why are some STEM fields more gender balanced than others?“ *Psychological Bulletin*, 143(1), S. 1-35.
- Cordes, A. & Kerst, C. (2016). Bildung und Qualifikation als Grundlage der technologischen Leistungsfähigkeit Deutschlands 2016. In DZHW, & NIW (Hrsg.). *Studien zum deutschen Innovationssystem 1-2016*. Hannover.
- Dalhoff, J., & Girlich, J. (Hrsg.) (2009). *Frauen für die Stärkung von Wissenschaft und Forschung. Konferenz im Rahmen des Europäischen Jahres für Kreativität und Innovation. Konferenzdokumentation*. Bonn: GESIS – Leibniz-Institut für Sozialwissenschaften/Kompetenzzentrum Frauen in Wissenschaft und Forschung CEWS.
- Deutsches Studentenwerk (2017). *Studieren Heute. Die wirtschaftliche und soziale Lage der Studierenden. Infobroschüre zur 21. Sozialerhebung*. Berlin: Deutsches Studentenwerk.
- Dierks, P. O., Höffler, T., & Parchmann, I. (2014). Interesse von Jugendlichen an Naturwissenschaften. Ist es wirklich so schlecht wie sein Ruf? *Chemie Konkret*, 21(3), S. 111-116.
- Dietrich, J., & Kracke, B. (2009). Career-specific parental behaviors in adolescents' development. *Journal of Vocational Behavior*, 75(2), S. 109-119.

- Eder, F., & Bergmann, C. (2015). Das Person-Umwelt-Modell von J. L. Holland: Grundlagen – Konzepte – Anwendungen. In C. Tarnai, & F. G. Hartmann (Hrsg.). *Berufliche Interessen. Beiträge zur Theorie von J. L. Holland* (S. 11-30). Münster: Waxmann.
- Esch, M., & Grosche, J. (2010). Fiktionale Fernsehprogramme im Berufsfindungsprozess – Ausgewählte Ergebnisse einer bundesweiten Befragung von Jugendlichen. In BMBF (Hrsg.). *MINT und Chancengleichheit in fiktionalen Fernsehformaten* (S. 16-31). Berlin.
- Esser, L. (2014). Rock Your Life! Nimm dein Leben in die Hand. *Friedrich Jahresheft*, 17(1), S. 32-33.
- Gemeinsame Wissenschaftskonferenz (2011). *Frauen in MINT-Fächern. Bilanzierung der Aktivitäten im hochschulischen Bereich*: <http://www.gwk-bonn.de/fileadmin/Papers/GWK-Heft-21-Frauen-in-MINT-Faechern.pdf> (letzter Zugriff: 05.11.2017).
- Gildemeister, R. (2008). Soziale Konstruktion von Geschlecht. „Doing Gender“. In S. M. Wilz (Hrsg.). *Geschlechterdifferenzen – Geschlechterdifferenzierungen. Ein Überblick über gesellschaftliche Entwicklungen und theoretische Positionen* (S. 167-198). Wiesbaden: VS.
- Haase, L., & Pietzner, V. (2016). Berufsorientierung im Chemieunterricht in der Sekundarstufe I. In C. Maurer (Hrsg.). *Authentizität und Lernen: das Fach in der Fachdidaktik* (S. 71-73). Regensburg: GDCP.
- Hannover, B., & Kessels, U. (2002). Challenge the science-stereotype. Der Einfluss von Technik-Freizeitkursen auf das Naturwissenschaften-Stereotyp von Schülerinnen und Schülern. *Zeitschrift für Pädagogik*, 45, Beiheft, S. 341-358.
- Haucke, K. (2014). *Berufsorientierung im Chemieunterricht: Erhebung von Schülervorstellungen zu ausgewählten Berufen und Entwicklung von Konzepten zur Integration von Berufsorientierung in Unterricht und Lehrerbildung*. Diss., Univ. Oldenburg.
- Hell, B., Päßler, K., & Schuler, H. (2009). was-studiere-ich.de: Konzept, Nutzen und Anwendungsmöglichkeiten. *Zeitschrift für Beratung und Studium*, 4(1), S. 9-14.
- Jackson, L. A., Gardner, P. D., & Sullivan L. A. (1993). Engineering Persistence: Past, Present, future Factors and Gender Differences. *Journal of Higher Education*, 26(2), S. 227-246.
- Johnson, B. C., & Faill, D. K. (Hrsg.) (2015). Glee and New Directions for Social Change. *Youth, Media & Culture Series*, Vol. 3. Rotterdam: Sense Publisher.
- Kahlert, H. (2012). *Riskante Karrieren. Wissenschaftlicher Nachwuchs im Spiegel der Forschung*. Opladen: Barbara Budrich.
- Kessels, U. (2012). Selbstkonzept: Geschlechtsunterschiede und Interventionsmöglichkeiten. In H. Stöger, A. Ziegler, & M. Heilemann (Hrsg.). *Mädchen und Frauen in MINT. Bedingungen von Geschlechtsunterschieden und Interventionsmöglichkeiten* (S. 163-191). Berlin: Lit.

- Klemm, K., & Zorn, D. (2017). *Demographische Rendite adé. Aktuelle Bevölkerungsentwicklung und Folgen für die allgemeinbildenden Schulen*. Gütersloh: Bertelsmann.
- Leslie, L., McClure, G., & Oaxaca, R. L. (1998). Women and Minorities in Science and Engineering. *Journal of Higher Education*, 69(3), S. 239-276.
- Leszczensky, M., Gehrke, B., & Helmrich, R. (2011). Bildung und Qualifikation als Grundlage der technologischen Leistungsfähigkeit Deutschlands. *HIS: Forum Hochschule* 13.
- Lippa, R. A. (2001). On deconstructing and reconstructing masculinity-femininity. *Journal of Research in Personality*, 35(2), S. 168-207.
- Makarova, E., Aeschlimann, B., & Herzog, W. (2016). „Ich tat es ihm gleich“ – Vorbilder junger Frauen mit naturwissenschaftlich-technischer Berufswahl. *Berufs- & Wirtschaftspädagogik*: http://www.bwpat.de/spezial12/makarova_et_al_bwpat_spezial12.pdf (05.11.2017).
- Mokhonko, S., Nickolaus, R., & Windaus, A. (2014). Förderung von Mädchen in Naturwissenschaften: Schülerlabore und ihre Effekte. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 20(1), S. 143-159.
- OECD (Hrsg.) (2017). *Bildung auf einen Blick 2017. OECD-Indikatoren*. Paris: OECD Publishing.
- OECD (Hrsg.) (2012). *Closing the Gender Gap. Act Now*. Paris: OECD Publishing.
- Oechslin, D. (2013). Von Reflexion bis Persuasion – wenn der Sachcomic mehr will als Informieren. Resultate einer Begleitstudie zu Hotnights. In U. Hangartner et al. (Hrsg.). *Wissen durch Bilder. Sachcomics als Medien von Bildung und Information* (S. 189-214). Bielefeld: Transcript.
- Parchmann, I., Lühken, A., Haucke, K., & Pietzner, V. (2014). Chemie als Beruf – Chemie in Berufen! *Naturwissenschaften im Unterricht – Chemie*, 25(140), S. 2-7.
- Pascher, U., & Stein, P. (Hrsg.) (2013). *Akademische Karrieren von Naturwissenschaftlerinnen gestern und heute*. Wiesbaden: Springer VS.
- Paschke, M., & Eilks, I. (2017). Metalle: Eigenschaften, Nutzung, Recycling. Ein offenes Lernangebot für kompetenzorientiertes und differenzierendes Lernen. *Naturwissenschaften im Unterricht – Chemie*, 28(161), S 18-21.
- Prechtel, M. (2015). Vorbilder in MINT – Im Blickpunkt: Lehramtsstudierende. In K. Bueschges (Hrsg.). *Bildung – Selbst(bild) – Geschlechterbilder*. Reihe: Focus Gender, Band 17 (S. 83-106). Münster: LIT.
- Prechtel, M. (2014). Vorbilder für junge Frauen in den Naturwissenschaften – revisited. Teil A: Kritikpunkte (S. 131-146), Teil B: Ansatzpunkte (S. 147-162). In V. Eisenbraun, & S. Uhl (Hrsg.). *Geschlecht und Vielfalt in Schule und Lehrerbildung*. Münster: Waxmann.

- Precht, M., & Reiners, C. S. (2007). Wie der Chemieunterricht Geschlechterdifferenzen inszeniert. *Chemie Konkret*, 14(1), S. 21-29.
- Projektträger im DLR (Hrsg.) (2011). *Eltern, Schule und Berufsorientierung. Berufsbezogene Elternarbeit*. Bielefeld: Bertelsmann.
- Rahn, S., Brüggemann, T., & Hartkopf, E. (2014). Berufliche Orientierungsprozesse Jugendlicher in der Sekundarstufe I. Ergebnisse aus dem Berufsorientierungspanel (BOP). In T. Brüggemann, & S. Rahn (Hrsg.). *Berufsorientierung. Ein Lehr und Arbeitsbuch* (S. 109-122). Münster: Waxmann.
- Ratschinski, G. (2009). *Selbstkonzept und Berufswahl*. Münster: Waxmann.
- Reiners, C. S. (2017). *Chemie vermitteln. Fachdidaktische Grundlagen und Implikationen*. Heidelberg: Springer.
- Rottinghaus, P. J., Coon, K. L., Gaffey, A. R., & Zytowski, D. G. (2007). Thirty-year stability and predictive validity of vocational interests. *Journal of Career Assessment*, 15(1), S. 5-22.
- Sacher, W. (2011). Eltern im Berufsorientierungsprozess ihrer Kinder und ihre Einbindung durch Elternarbeit. In Projektträger im DLR (Hrsg.). *Eltern, Schule und Berufsorientierung. Berufsbezogene Elternarbeit* (S. 10-22). Bielefeld: Bertelsmann.
- Sacher, W. (2008). *Elternarbeit. Gestaltungsmöglichkeiten und Grundlagen für alle Schularten*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Schiepe-Tiska, A., Simm, I., & Schmidtner, S. (2016). Motivationale Orientierungen, Selbstbilder und Berufserwartungen in den Naturwissenschaften in PISA 2015. In K. Reiss et al. (Hrsg.). *PISA 2015. Eine Studie zwischen Kontinuität und Innovation* (S. 99-132). Münster: Waxmann.
- Semmler, K. (2016). *Geschlechtsspezifische Aspekte in der Berufsberatung*. Hamburg: Diplomica.
- Sokolowski, S., & Pietzner, V. (2015). Berufsorientierende Lernaufgaben. In S. Bernholt (Hrsg.). *Heterogenität und Diversität – Vielfalt der Voraussetzungen im naturwissenschaftlichen Unterricht*. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik (S. 244-246). Kiel: IPN.
- Spitzer, P. (2017). *Untersuchungen zur Berufsorientierung als Baustein eines relevanten Chemieunterrichts im Vergleich zwischen Mittel- und Oberstufe sowie Darstellung des Chem-Trucking-Projekts als daraus abgeleitete Interventionsmaßnahme für den Chemieunterricht*. Diss., Universität Siegen.
- Steinritz, G., Lehmann-Grube, S. K., & Ziegler, B. (2016). Subjektive Geschlechtstyp- und Prestigeeinschätzungen. Konstituenten beruflicher Aspirationen. *Arbeits- und Organisationspsychologie*, 60(2), S. 90-99.

- Su, R., Rounds, J., & Armstrong, P. I. (2009). Men and things, women and people: A meta-analysis of sex differences in interests. *Psychological Bulletin*, 135(6), S. 859-884.
- Süss, U., Felger, S., Huber, K., Yüksel, H., & Firat, C. (2011). Eltern als Lern- und Übergangsbegleiter auf dem Weg zum Beruf: Handlungsansätze zur Elternbeteiligung in der lokalen Gesamtstrategie Weinheimer Bildungskette. In Projektträger im DLR (Hrsg.). *Eltern, Schule und Berufsorientierung. Berufsbezogene Elternarbeit* (S. 80-111). Bielefeld: Bertelsmann.
- Taskinen, P., Asseburg, R., & Walter, O. (2008). Wer möchte später einen naturwissenschaftsbezogenen oder technischen Beruf ergreifen? Kompetenzen, Selbstkonzept und Motivationen als Prädiktoren der Berufserwartungen in PISA 2006. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, Sonderheft 10, S. 79-105.
- Thurnherr, G., Schönenberger, S., & Brühwiler, C. (2013). Hilfreiche Unterstützung in der Berufsorientierung aus Sicht von Jugendlichen. In U. Faßbauer, B. Fürstenau, & E. Wuttke (Hrsg.). *Jahrbuch der berufs- und wirtschaftspädagogischen Forschung* (S. 259-270). Opladen: Budrich.
- Ziegler, A., Reutlinger, M., & Hering, E. M. (2012). Soziotope als konstitutive Rahmenbedingungen der MINT-Förderung von Mädchen und Frauen. In H. Stöger, A. Ziegler, & M. Heilemann (Hrsg.). *Mädchen und Frauen in MINT. Bedingungen von Geschlechtsunterschieden und Interventionsmöglichkeiten* (S. 229-247). Berlin: Lit.
- Ziegler, A. (2009). Mentoring: Theoretischer Hintergrund. In H. Stöger, A. Ziegler, & D. Schimke (Hrsg.). *Mentoring: Theoretische Hintergründe, empirische Befunde und praktische Anwendungen* (S. 7-30). München: Dustri.

Prof. Dr. Markus Prechtel hat die Professur für Fachdidaktik Chemie am Fachbereich Chemie der Technischen Universität Darmstadt inne. Zuvor war er Professor im Fach Chemie und Didaktik der Chemie an der Pädagogischen Hochschule Weingarten, KIVA-Gastprofessor mit der Denomination Gender/MINT/Didaktik an der TU Darmstadt, Gastprofessor für Gender & Diversity an der Leibniz Universität Hannover, Studienrat im Hochschuldienst an der Universität Siegen und Lehrer für die Fächer Chemie und Biologie in Frechen.



Prof. Dr. Markus Prechtel
Technische Universität Darmstadt
Fachbereich Chemie / Fachdidaktik Chemie
Alarich-Weiss-Straße 4
64287 Darmstadt
prechtel@chemie.tu-darmstadt.de

Lernen und Lehren mit Humor

Karin Stachelscheid

Zusammenfassung:

Nach Helmke (2009) ist Humor ein für die Unterrichtsqualität relevantes Merkmal, das im Angebots-Nutzungs-Modell als Eigenschaft der Lehrperson aufgeführt wird. Studien zur Qualität von Unterricht zeigen zudem, dass Humor von Schüler- und Lehrer-seite als ein positives Merkmal von Unterricht bewertet wird. Theorien der Humorforschung lassen sich auf Schule und Alltag anwenden und haben die theoriebasierte Entwicklung des Konzepts des „Chemiespezifischen Humors“ (ChH) ermöglicht (Dickhäuser, 2015), welches von Petersen (2016) zum Konzept und Modell des fachspezifischen Humors erweitert wurde. Studien zur Wirksamkeit der auf der Basis des Konzepts entwickelten Materialien zeigen interessante Ergebnisse und öffnen das Feld für Untersuchungen neuer Fragestellungen.

Stichworte:

Humorforschung, Chemiespezifischer Humor, Kreative Prozesse, Inklusion

1 Ausgangssituation

Untersuchungen zu Lehr- und Lernprozessen sind ein Kerngeschäft der Fachdidaktik. Nach mittlerweile mehreren Jahrzehnten chemiedidaktischer Forschung gibt es zahlreiche Erträge mit Relevanz für die Schulpraxis. Allerdings bleibt die Implementation dieser Studienergebnisse oder selbst der entwickelten und optimierten Methoden und Medien in den Schulalltag immer noch hinter dem wünschenswerten Ziel.

Beim Thema „Humor im Unterricht“ zeigen viele Lehrkräfte Interesse und hier „wissen“ die Lehrkräfte, dass Humor Lernerfolg und Interesse der Lernenden steigert. Das Überprüfen dieser „Wissens“ ist aus Lehrersicht unnötig. Fachdidaktiker sehen das anders, sie wollen der Frage im Kontrollgruppendesign wissenschaftlich auf den Grund gehen. Und das bedarf zunächst einer gründlichen Recherche der theoretischen Grundlagen. Damit eröffnet sich für die multidisziplinär betriebene Humorforschung ein sehr breites Feld. Eine gute Übersicht der für Unterricht relevanten Forschungsarbeiten der letzten vier Jahrzehnte hat Petersen (2016) aufgestellt. Im Folgenden werden einige Theorien und Studienergebnisse vorgestellt, verknüpft mit Alltags- und Unterrichtssituationen.

2 Humor in Alltag und Schule

In der Literatur zur Humorforschung liest man häufig, dass der Versuch, Humor zu definieren, schnell zum Verlust desselben führen kann. Dies ist insbesondere vor dem Hintergrund der jahrhundertelangen Entwicklung des Humorbegriffs zu sehen. Heutzutage findet man weitgehenden Konsens zu folgenden drei Betrachtungsweisen: Humor als soziales Verhalten, Humor als Persönlichkeitsmerkmal und Humor als abstraktes Konstrukt (Rißland & Gruntz-Stoll, 2009).

2.1 Humor als soziales Verhalten

Humor bereitet uns individuell Freude und hilft andererseits, zwischenmenschliche Beziehungen zu schließen und aufrecht zu erhalten. Humor dient daher auch dem sozialen Miteinander. Durch das Teilen von Humor mit anderen erleben wir eine fröhliche Stimmung in geselliger Runde, häufig mit Erinnerungswert. Gemeinsam mit *Freunden* lachen leistet so etwas. Insider-Witze werden von Außenstehenden nicht verstanden und betonen so das Zusammengehörigkeitsgefühl. Hier setzt Humor einen *Stempel* im *Pool* der vielfältigen, möglichen Gefühle!

Lachen wird häufig mit Humor verknüpft. Das zeigt die Erfahrung ebenso wie der folgende kleine Exkurs zu einem Experiment von Nerhardt (1976). Nerhardt hat Probanden Gewichte heben lassen, deren Masse immer weiter zugenommen haben, bis zum letzten Gewicht, dessen Masse sehr gering war. Alle Probanden reagierten mit einem Lachen oder Lächeln. Dies war die spontane Reaktion auf den Überraschungseffekt der unerwartet geringen Masse. Deckers (1993) veröffentlichte diesen durch weitere Experimente bestätigten Sachverhalt als „weight judging paradigm“.

Lachen und gute Laune wirkt sich auch positiv auf Unterricht aus. In empirischen Studien konnte nachgewiesen werden, dass Humor das Klassenklima positiv beeinflusst (Powel & Andresen, 1985) oder auch Ängste reduziert (Rißland, 2002). Lohmann (2013) bezeichnet Humor als „Schmiermittel“ und „sozialen Kitt“ auf der Beziehungsebene. Schüler wünschen sich Lehrer mit Sinn für Humor, die auch bei Fehlern humorvoll reagieren, die die Fähigkeit zur Selbstironie besitzen und die peinliche Situationen humorvoll lösen.

2.2 Humor als Persönlichkeitsmerkmal

Diese Bedeutungsebene findet als individuelle Persönlichkeitseigenschaft einen großen Konsens in der Wissenschaft. Der „Sinn für Humor“ wird als Charakterstärke gesehen, die wesentlich zur Lebenszufriedenheit beiträgt. Hier lassen sich die Relief- oder Arousaltheorien einordnen, wonach eine humorvolle Reaktion auf eine belastende Situation erfolgt anstelle anderer Reaktionen wie Ärger oder Schmerz. Durch diesen Perspektivwechsel wirkt eine zuvor unangenehme Situation weniger bedrohlich und positive Gefühle dominieren. Zudem wird weniger „Energie verbraucht“, da Lachen eine eher „energiespendende“ Ersatzreaktion ist für ansonsten sehr stark „energieverbrauchende“ Gefühle wie Schmerz, Wut, Empörung (Räwel, 2005).

„Sinn für Humor“ kann man mehr oder weniger besitzen, er lässt sich teilweise sogar trainieren¹. Nichtsdestotrotz, die Eigenschaft humorvoll zu sein, können wir nicht anziehen oder kaufen, wie z.B. *weiße Blusen!* Doch humorvolle Menschen, die positiven Humor einsetzen, wirken in der Regel sympathisch. Wie schon beschrieben wünschen sich Schüler humorvolle Lehrer. Dies belegen zahlreiche Studien zum guten Lehrer (Merzlyn, 2017). Dabei ist festzustellen, dass negativer Humor im Unterricht zu vermeiden ist. Die Superioritätstheorie bezieht sich hier u.a. auf Schadenfreude, mit der Personen verletzt oder herabgesetzt werden. Reißland (2002) spricht in ihrem Promotionsprojekt *„Humor und seine Bedeutung für den Lehrerberuf“* auch von unangepasstem Humor (s.a. Martin, 2007), der nicht nur für den Unterricht schädlich ist, sondern auch für die Lehrerpersönlichkeit. Im Gegensatz dazu wirkt sich angepasster Humor positiv auf Stressbewältigung und Unterrichtskompetenz von Lehrkräften aus. Reißland (2002) hat in ihrer Arbeit fünf verschiedene Humortypen identifiziert, die so natürlich nicht in Reinform existieren:

Typ I die „*Heitere Nervensäge*“

Typ II der „*Humorlose Bürokrat*“

Typ III der „*Humorvolle Idealtyp*“

Typ IV der „*Zyniker*“

Typ V der „*Trauerkloß*“.

Was können die von ihrer Persönlichkeit her nicht so humorvollen Lehrertypen tun? Die Lehrer selbst wissen das. Sie wünschen sich humorvolle Unterrichtsmaterialien, bestenfalls mit fachlichem Inhalt. Lehr-Lern-Materialien bieten jedem Lehrertyp die Möglichkeit, Humor in die Unterrichtplanung einzubinden. Fachgebundenheit und Planbarkeit sind zwei

¹ Humortrainings bietet das Deutsche Humorinstitut an.

Variablen des Pädagogischen Humors (Kassner, 2002), die den Einsatz von Humor in unterrichtlichen Prozessen mit Blick auf Interessensbildung und Lernerfolg sinnvoll erscheinen lassen.

2.3 Humor als abstraktes Konstrukt

Als theoretische Grundlage für die Erstellung von Unterrichtsmaterialien dient das von Dickhäuser (2015) entwickelte Konzept des „Chemiespezifischen Humors“ (Kap. 4), welches insbesondere auf der Inkongruenztheorie nach Koestler (1964) fußt. Diese verweist auf das Vorhandensein von mindestens zwei Bezugssystemen, die inkongruent, also unpassend miteinander verknüpft sind. Für das Verstehen der Inkongruenz und damit das Verstehen des Humors spielt die kognitive Komponente eine große Rolle.

Mit Blick auf die Experimente von Nerhardt und Deckers gehen einige Inkongruenztheoretiker davon aus, dass das reine Vorhandensein einer Inkongruenz für das Erleben von Humor ausreicht und eine Auflösung der Inkongruenz unnötig ist. Kritiker betonen dagegen, dass vom Phänomen des Lachens oder Lächelns nicht vorschnell auf Humor geschlossen werden kann, da Humor auch in anderen Kontexten auftritt, z.B. als Entlastungsreaktion nach überwundenen Ängsten (Petersen, 2016). Für Suls (1972) ist die Auflösung der Inkongruenz dagegen von zentraler Bedeutung. In seinem Inkongruenz-Auflösungsmodell wird Humor als eine Art Problemlöseaufgabe erklärt (Abb. 1). In der Phase der Problemwahrnehmung gibt es zunächst ein Ereignis, z.B. das Betrachten eines Cartoons oder das Hören einer Geschichte. Daraufhin entwickelt sich beim Individuum eine Erwartungshaltung zum Ausgang. Wird diese Erwartung nicht erfüllt, kommt es stattdessen zu einem Überraschungseffekt, welcher als Problem wahrgenommen wird. In der Phase der Problemlösung wird nach einer Logik gesucht, die den Zusammenhang zwischen dem Ereignis und der Überraschung, der unerwarteten Widersinnigkeit erklärt und als Humor erlebt werden kann. Nach Nerhardt (1976) ist der humoristische Stimulus umso größer, je stärker von der Erwartung abgewichen wird.

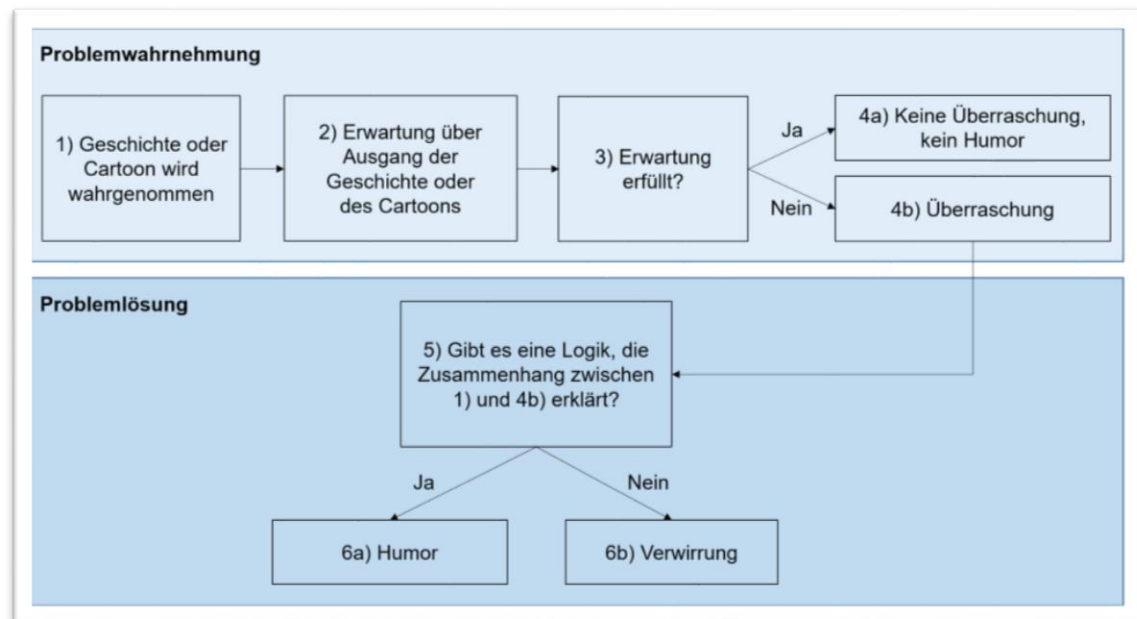


Abbildung 1: Inkongruenz-Auflösungsmodell nach Suls (adaptiert nach Martin, 2007).

3 Chemiespezifischer Humor

3.1 Konzept und Modell

Dickhäuser (2015) hat für das Konzept des „Chemiespezifischen Humors“ (Abb. 2) die Inkongruenztheorie aufgegriffen und stellt zwei Bezugssysteme in den Vordergrund. Beide Bezugssysteme sind inkongruent, also unpassend miteinander verknüpft. Die Inkongruenz kann beispielsweise in einem Überraschungseffekt, einer Widersinnigkeit oder einer Wortdoppeldeutigkeit begründet liegen. Das Konzept ist unabhängig von einem Sender oder Empfänger. Es ist dann erfüllt, wenn folgende drei Bedingungen vorliegen:

1. Bezugssystem I entspricht einem Fachinhalt.
2. Bezugssystem II ist eine Situation, die sich sinnvoll auf das Bezugssystem I (Fachinhalt) bezieht. Es wird kein Nonsens dargestellt.
3. Bezugssystem I und Bezugssystem II sind unpassend miteinander verknüpft.

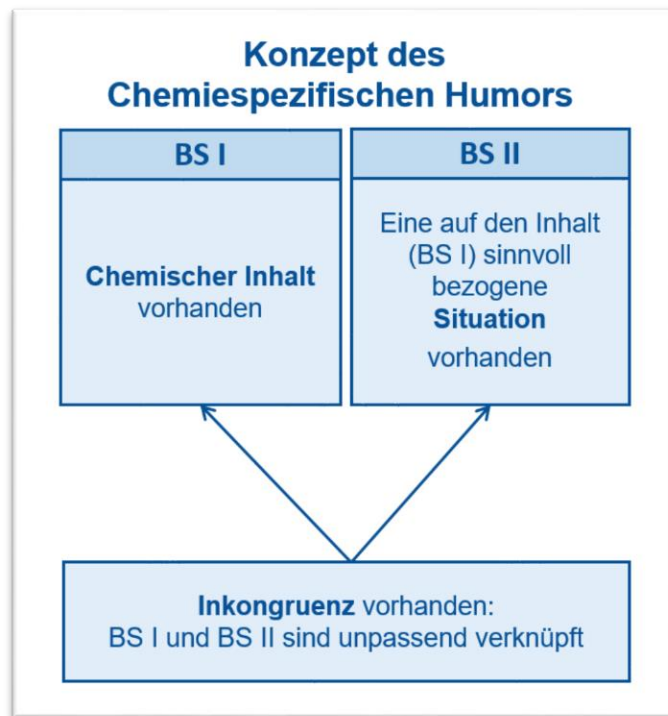


Abbildung 2: Konzept des „Chemiespezifischen Humors“ (Dickhäuser, 2015).

Das Konzept des „Chemiespezifischen Humors“ wird zum Modell erweitert, wenn die Lernenden (Empfänger) in den Vordergrund rücken. Im Modell ist die Lehrkraft der Sender und die Lernenden sind die Empfänger des „Chemiespezifischen Humors“ (Dickhäuser, 2015). Den Lernenden sollte das Bezugssystem II immer aus der Lebenswelt als relevanter Kontext bekannt sein. Für das Bezugssystem I ergeben sich zwei mögliche Ausprägungen. Der fachspezifische Inhalt kann verstanden oder nicht verstanden sein. Dasselbe gilt für die Inkongruenz. Eine nicht verstandene Inkongruenz kann einen kognitiven Konflikt auslösen und den Problemlöseprozess in Gang setzen. Abhängig vom Bekanntheitsgrad der verschiedenen Komponenten lässt sich damit „Chemiespezifischer Humor“ in verschiedenen Unterrichtsphasen einsetzen, z.B. zur Problemlösung, Wiederholung, Anwendung, Lernzielüberprüfung oder Fokussierung auf einen bestimmten Inhaltsbereich.

Da das Bezugssystem II auch als Kontext gesehen werden kann, liegt ein Vergleich zu „Chemie im Kontext“ nahe. Auch hier gibt es zwei Bezugssysteme, den fachlichen Inhalt und den Kontext, die sinnvoll auf den Inhalt bezogene Situation. Beide Bezugssysteme sind kongruent miteinander verknüpft. Inkongruenz ist nicht vorgesehen. Gemeinsam ist beiden Konzepten, dass über eine sinnvoll zum Fachinhalt stehende Situation, die den Lernenden aus der Lebenswelt bekannt ist und relevant erscheint, das Interesse der Lernenden am Fachinhalt geweckt werden soll.

Dickhäuser (2015) stellt Gemeinsamkeit und Unterschied von ChH und ChiK analog dem Schlüssel-Schloss-Prinzip und in Abgrenzung zum Nonsens schematisch dar (Abb. 3). Beim Nonsens ist der fehlende sinnvolle Bezug zwischen BS II und chemischem Inhalt durch einen „nicht sinnvollen Schlüssel“, einen grauen Kreis dargestellt.

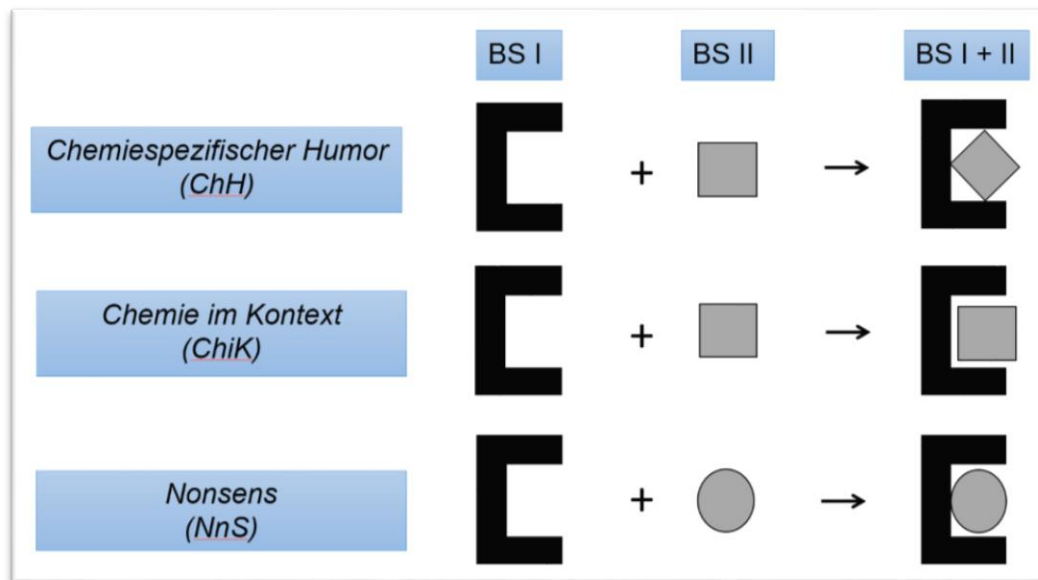


Abbildung 3: Schematischer Vergleich von ChH, ChiK und NnS (geändert nach Dickhäuser, 2015).

3.2 Lehr-Lernmaterial

Um „Chemiespezifischen Humor“ planbar im Unterricht einsetzen zu können, bedarf es entsprechender Lehr-Lernmaterialien. Für die ersten nach dem Konzept des „Chemiespezifischen Humors“ entwickelten Materialien wurde als fachlicher Inhalt das *Periodensystem* gewählt. Um für BS II Situationen aus der Lebenswelt der Lernenden zu finden, wurden Klasseninterviews zu Schülerinteressen und Schüleralltag geführt. Es ergaben sich vier mögliche sinnvolle Bezüge zum PSE: „Chillen“, „echte Freunde“, „Party machen“ und „Gruppenzwang“. Das Herstellen der Inkongruenz ist ein kreativer Prozess und gehört daher nicht zum Kerngeschäft von Chemiedidaktikern. Als Hilfe und Orientierungsrahmen für den kreativen Prozess wurde das Phasenmodell von Csikszentmihayli (2010) gewählt:

1. Vorbereitungsphase
2. Inkubationsphase
3. Erkenntnisphase
4. Bewertungsphase
5. Ausarbeitungsphase.

In der Vorbereitungsphase findet die Entscheidung für BS I statt, und ggf. werden die Möglichkeiten für BS II ausgelotet. Der eigentlich kreative Prozess ist den Phasen 2 und 3 vorbehalten. Hier lässt sich gut mit zufällig zusammengefügt Begriffspaaren (Fachbegriff und Alltagsbegriff) arbeiten. Die Methode 6-3-5 ermöglicht über drei Begriffspaare und das Fortführen von verschriftlichen Gedanken/Ideen der sechs Gruppenmitglieder, einen Ideenpool zu sammeln. Freies Denken, ohne die Grenzen der Realität zu beachten, ist hier wichtig. Eine für Naturwissenschaftler aber nicht immer ganz einfache Aufgabe. Daher ist es ratsam, auch Nicht-Naturwissenschaftler in den Kreis der „Kreativgruppe“ einzubeziehen. So lassen sich völlig neue Ideen generieren, die in der Erkenntnisphase zu „Aha-Erlebnissen“ führen, welche wiederum in der Bewertungsphase auf Basis rationaler Kriterien beurteilt werden. Ergebnis der Bewertungsphase sollte ein Skript sein, in dem die Idee im gemeinsamen Konsens der Kreativgruppe schriftlich fixiert wird. In der Ausarbeitungsphase erfolgt abschließend die Umsetzung der Idee, z.B. in Form von Bild-Text-Materialien mit „Chemiespezifischem Humor“.

Bei der Entwicklung von Abbildung 4 wurde durch die Zusammenarbeit mit Referendaren des Unterrichtsfaches Kunst deutlich, dass die Bezeichnung „Nichtmetalle“ Nichtchemikern seltsam erscheint: *„Man sagt ja auch nicht ‚Nichttisch‘ zu einem Stuhl“* oder *„Nichtmetalle – doch Metalle“*. In der Inkubationsphase im Chemiedidaktikerkreis kam es schnell zur Assoziation „Heavy Metals“ und in der Erkenntnisphase zur weiteren Assoziation „Heavy NON-Metals“. Realisierbar erschien in der Bewertungsphase *„Halogene, die als Heavy (NON)-Metalls eine Party feiern“*. In der Ausarbeitungsphase wurde Abbildung 4 erstellt. Der fachliche Inhalt (BS I) ist die Stoffklasse der Halogene, die in chemischen Reaktionen heftig reagieren. BS II ist das heftige Verhalten von Heavy-Metall Fans oder Heavy-Metalls feiern eine Party. Die Inkongruenz liegt in der Verknüpfung des menschlichen Verhaltens mit dem chemischen Verhalten der Halogene als Nichtmetalle.



Abbildung 4: ChH-Material – Halogene (Design: Ti-Van Banh, HAKUSAI Projects, Düsseldorf).

Kritiker lehnen gerade diese Verknüpfung zu menschlichem Verhalten ab und sehen hier die grundsätzliche Gefahr, „hausgemachte“ Fehlvorstellungen zu induzieren. Erfahrungen zeigen jedoch, dass selbst Lernende der Klasse 7 hier differenzieren können zwischen menschlichen Eigenschaften und der Veranschaulichung von Stoffen auf der Teilchenebene. Andererseits entstehen auch ohne den Einsatz solcher Materialien animistische und anthroposophische Bilder in der Vorstellung von Lernenden. Dies macht - gemeinsam mit den Schülern - eine kritische Reflektion solcher Gedanken auf Metaebene notwendig und kann so „...die Schüler auf Ihrem Weg zu einem metakonzeptionellen und damit vertieften Verständnis fachlicher Inhalte unterstützen“ (Dickhäuser, 2015, 78). Das ChH-Material bietet hier einen zugleich motivierenden Ansatzpunkt. Nach Pütttschneider & Lück (2004) sind Animismen bzw. Anthropomorphismen didaktische Mittel, chemische Sachverhalte interessant und motivierend darzustellen.

Beispielhaft hierzu sei ein weiteres Bild-Text-Material mit „Chemiespezifischem Humor“ vorgestellt (Abb. 5). Fachlicher Inhalt ist hier die exotherme Synthese von Natriumchlorid aus den Elementen Natrium und Chlor. Die darauf bezogene Situation ist eine Hochzeit, dargestellt durch das Bild eines demolierten Ballsaals nach einer ausgelassenen Hochzeitsfeier. Die Inkongruenz besteht darin, dass Natrium und Chlor nicht heiraten und vor allem kein Zweierpaar, also kein Natriumchloridmolekül bilden. Diese Vorstellung

entsteht im Chemieunterricht leicht durch die klassische Reaktionsgleichung und wird selten thematisiert. Abbildung 5 bietet einen naheliegenden Anlass, dieses Problem zu diskutieren und damit das Chemieverständnis zu vertiefen.



Abbildung 5: ChH-Material – Natriumchloridsynthese (Design: Ti-Van Banh, HAKUSAI Projects, Düsseldorf).

3.3 Studienergebnisse

Die Bild-Text-Materialien werden um fachlich passende, kurze Informationstexte sowie Arbeitsaufträge ergänzt und eignen sich so für den Einsatz als Selbstlernmaterialien. In Kontrollmaterialien werden dieselben Texte und Aufgaben mit Abbildungen ohne „Chemiespezifischem Humor“ aber entsprechendem Informationsgehalt eingesetzt. Mit Hilfe des angepassten PISA-Testinstruments zur Testattraktivität wurden beide Versionen mit 47 Realschülern gegen Ende der 7. Jahrgangsstufe untersucht. Die Ergebnisse belegen eindeutig die von den Probanden wahrgenommene höhere Attraktivität aller sechs Interventionsmaterialien. In der Hauptstudie haben 237 Probanden der Jahrgangsstufe 8 dreier Realschulen mit den Selbstlernmaterialien beider Versionen gearbeitet. Die Bearbeitungszeit betrug 35 Minuten. Die Untersuchung von Lernerfolg und

Interessensentwicklung zeigt ein differenziertes Bild. Die Interessensentwicklung verläuft in beiden Gruppen ähnlich, so dass kein signifikanter Unterschied zwischen Experimental- und Kontrollgruppe festzustellen ist. Dieser Befund steht im Widerspruch zur anfangs erwähnten Einschätzung der Lehrkräfte. Die univariate Varianzanalyse mit der unabhängigen Variablen Gruppenzugehörigkeit und der abhängigen Variablen Fachwissen ergibt folgendes Bild: Während sich die Schülerinnen und Schüler beider Gruppen im Pre-Test nicht signifikant unterscheiden ($p=.45$) erzielen die Lernenden der Experimentalgruppe sowohl im Post-Test ($p<.001$) als auch im Follow-up-Test ($p<.02$) höhere Werte als die der Kontrollgruppe. Insgesamt erzielen die Lernenden beider Gruppen im Follow-up-Test geringere Werte (Dickhäuser, 2015). Dickhäuser interpretiert dieses Ergebnis seiner Studie folgendermaßen: Ein Grund für die Unterschiede beim Lernerfolg kann die unterschiedliche Wahrnehmung der Materialsorten sein, da das Selbstlernmaterial mit „Chemiespezifischem Humor“ von den Lernenden deutlich attraktiver bewertet wird als das Kontrollmaterial. Die Lernenden finden das Interventionsmaterial angenehmer und arbeiten daran mit mehr Begeisterung, Lust und Spaß. Daher kann vermutet werden, dass das ChH-Material in der zur Verfügung stehenden Zeit intensiver zum Lernen genutzt wurde und der Einsatz von „Chemiespezifischem Humor“ ein besseres Abrufen des neu gelernten Fachwissens ermöglicht (Dickhäuser, 2015, 102). Die bessere Lernwirksamkeit der Bild-Text-Materialien mit „Chemiespezifischem Humor“ gegenüber Kontrollmaterial konnte in einer Staatsexamensarbeit für den Inhalt Wasser bestätigt werden (Jackowski, 2014).

Die Frage, inwieweit Schülerinnen und Schüler die Abbildungen lustig bzw. humorvoll empfinden, muss aufgrund der Ergebnisse kleinerer Studien skeptisch betrachtet werden. Im Vergleich zu den Kontrollbildern, werden die ChH-Abbildungen stets humorvoller eingeschätzt, das Gesamtergebnis ist dagegen nicht überzeugend und bleibt eher im neutralen Bereich. Im direkten Vergleich der Bewertung beider Materialien gefällt einer deutlichen Mehrheit der Probanden das ChH-Bild besser als das Kontrollbild. Die häufigste Begründung ist hier *„Weil es lustiger/humorvoller ist“*. Die Frage *„Womit würdest Du lieber im Unterricht arbeiten“* beantwortet nur noch eine knappe Mehrheit mit dem ChH-Bild und begründet *„Weil es nicht so langweilig ist“*. Probanden, die das Kontrollbild wählen, argumentieren, *„Weil es sachlicher ist“* oder *„Weil es altersangemessener ist“*. Neben der unterschiedlichen Humorwahrnehmung und Humorsensibilität kann hier auch der Zeichenstil eine Rolle spielen. Jüngeren Jugendlichen erscheinen die Bild-Text-Materialien mit „Chemiespezifischem Humor“ ggf. zu kindlich.

In mehreren Studien fällt zudem auf, dass Mädchen die Abbildungen lustiger finden als Jungen. Die beschriebenen Ergebnisse wurden in kleinen Studienarbeiten ermittelt und müssen daher mit Vorsicht und studienbezogen betrachtet werden. Sie liefern allerdings mögliche Forschungsfragen für größer angelegte Untersuchungen. Eine neue Studie zum Vergleich verschiedener Zeichenstile ist in Planung. Eine Studie zur Untersuchung von Witzigkeit und Ablehnung der Materialien in Anlehnung an den 3 WD²-Humortest von Ruch (1992) befindet sich in der Auswertung. Ein Projekt, in dem die Probanden vorab ein Humortraining erhalten, ist angedacht.

4 Fazit und Ausblick

Die Ausführungen zeigen eine Möglichkeit auf, wie alle Lehrkräfte humorvolle Aspekte gezielt in Ihre Unterrichtsplanung integrieren können. Dabei ist es von entscheidender Bedeutung, dass weitere Unterrichtsmaterialien zu anderen Themen entwickelt werden. Die Studienergebnisse dieses recht jungen fachdidaktischen Forschungszweiges eröffnen ein weites Feld neuer Forschungsfragen. Das weite Feld steht ebenfalls für einen variantenreichen praktischen Einsatz im Unterricht offen. Und auch hier steht die große Aufgabe der Implementation an, denn durch Humor - in welcher Form auch immer - können innovative Zugänge zum Lerninhalt oder auch zum sozialen Umfeld Schulklasse geschaffen werden, die individuell genutzt werden können. Es erschließen sich alternative Lernwege zu individuellen Lernzielen (Abb. 6). Humor kann eine Eselsbrücke sein, die zum einen hilft die Kluft zum Lernziel zu überbrücken und zum anderen den Lernstoff zu erinnern. Mit Humor können die höchsten Gipfel erreicht werden.

² Witzdimensionen



Abbildung 6: Ziele erreichen durch Individuelles Lernen und Inklusion! Image 1.0 (Design: Johanna Falchi, Universität Duisburg-Essen).

Literatur

- Dickhäuser, A. (2015). *Chemiespezifischer Humor. Theoriebildung, Materialentwicklung, Evaluation*. Berlin, Logos Verlag.
- Helmke, A. (2009). *Unterrichtqualität und Lehrerprofessionalität. Diagnose, Evaluation und Verbesserung des Unterrichts*. Seelze: Friedrich.
- Jackowski, A. (2014). *Zur Wirksamkeit von Lernmaterialien mit Chemiespezifischem Humor zum Thema Wasser*. unveröffentlichte Ergebnisse, Staatsexamensarbeit, Universität Duisburg-Essen.
- Kassner, D. (2002). *Humor im Unterricht. Bedeutung – Einfluss – Wirkungen*. Hohengehren: Schneider.
- Lohmann, G. (2013). *Mit Schülern klarkommen. Professioneller Umgang mit Unterrichtsstörungen und Disziplinkonflikten*. 13. Aufl. Berlin: Cornelsen.

- Martin, R.A. (2007). *The Psychology of Humor: An integrative Approach*. Amsterdam: Elsevier.
- Merzyn, G. (2017). Merkmale guter Lehrer in Physik, Chemie, Biologie. Ein Überblick. Online-Zeitschrift „PhyDid A“, Bd. 16, S.67-80.
- Nerhardt, G. (1976). Incongruity and Funniness. Towards a new descriptive Model. In: A. J. Chapman, & H.C. Foot, (Eds.) *Humour and Laughter. Theory, Research and Applications*. New York, John Wiley & Sons, 55-62.
- Petersen, J. (2016). *Zum Einfluss des Merkmals Humor auf die Gesundheitsförderung im Chemieunterricht der Sekundarstufe I*. Berlin, Logos Verlag.
- Powell, J. P. & Andresen, L. W. (1985). Humour and teaching in higher education. *Studies in Higher Education*, 10/1,79-90.).
- Pütttschneider, M. & Lück, G. (2004). *Die Rolle des Animismus bei der Vermittlung chemischer Sachverhalte*. CHEMKON, 11 (4)167-174.
- Räwel, J. (2005). *Humor als Kommunikationsmedium*. Konstanz: UVK Verlagsgesellschaft mbH.
- Rißland, B. (2002). *Humor und seine Bedeutung für den Lehrerberuf*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Ruch, W. (1992). Assessment of appreciation of humor: Studies with the 3 WD humor test. In: C.D. Spielberger & J.N. Butcher (Eds.) *Advances in Personality Assessment*. Bd.9, 27-75.

Prof. Dr. Karin Stachelscheid studierte die Fächer Chemie und Biologie für die Lehramtsstudiengänge Sek. I und II. Nachdem sie 1992 ihr 2. Staatsexamen ablegte, erfolgt die Promotion und anschließend die Habilitation im Bereich Chemiedidaktik. Seit 2004 besitzt sie eine apl. Professur an der Universität Duisburg-Essen. Ihre Forschungsschwerpunkte sind Humor-forschung sowie Gesundheitsförderung.



Prof. Dr. Karin Stachelscheid
Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Chemie
Schützenbahn 70
45127 Essen
karin.stachelscheid@uni-due.de

Was ist inklusiver Chemieunterricht?

Michael Anton

Zusammenfassung:

Die aktuellen Herausforderungen an die Schule gipfeln zurzeit in der Übernahme von Verantwortung für den Lehrlernprozess für immer mehr Heterogenität in den Schulklassen. Insbesondere die sprachliche Ebene ist hiervon betroffen, da im Fach Chemie auch eine eigene Fachsprache erlernt werden muss. Im Kontext praktischer Arbeit mit Gerätschaften und Stoffen, die im Alltag des Schülers meist keine Entsprechung finden, werden diagnostische, didaktische und mathetische Qualitäten der Lehrkräfte einer anspruchsvollen Belastung unterworfen. Dies bedeutet aber kein Additum der Lehrerarbeit, vielmehr stellt es einen Impuls für die so notwendige Weiterentwicklung des Chemieunterrichts dar.

Stichworte:

Heterogenität, Adaptivität, Inquiry learning

Mit den Bestimmungen zur Inklusion an Schulen haben sich deutlich unterschiedliche Vorstellungen von den damit abzuleitenden Vorgehensweisen entwickelt. Eine besteht in der Annahme, dass Inklusion eine Aufgabe beschreibt, die zusätzlich zu den ohnehin schwierigen Unterrichtsbedingungen von jeder Lehrkraft zu leisten wäre, ganz analog zu den schon lange bestehenden Erziehungsaufträgen „Drogen- und Gewaltprävention“. Um ein solches Killerargument ad absurdum führen zu können, gilt es, die Integrierbarkeit von inklusiven Lehr- und Lernstrategien in das schon bestehende Wirken der Lehrerinnen und Lehrer aufzuzeigen und die dabei erforderlichen und möglichen Varianten auf die Probe zu stellen.

Alle guten und erfolgreichen, gewissenhaften und expertiseorientierten Lehrpersonen richten sich bei Planung und Umsetzung ihres Fachunterrichts, hier im Fach Chemie oder in einem `Integrationsfach` mit Chemie (Naturwissenschaften, Naturwissenschaften und Technik, Science) nicht nur nach der Fachsystematik, Verstehenslogik und den technischen Rahmenbedingungen, sondern stets auch nach den vorunterrichtlichen `Mitbringseln` ihrer Schülerschaft. Die Herausforderung besteht hier in der besonderen Berücksichtigung dessen, was schon immer Bestandteil des Schulunterrichts gewesen ist, nämlich die

ausgeprägte **Heterogenität der Schülerschaft**. Trautmann und Wischer (2011) sprechen vom „heterogenitätssensiblen Unterricht“ (S. 122).

Diese Präkonzepte werden ermittelt und es wird mit ihnen sinnvoll umgegangen, so dass konstruktivistische Lehrlerntheorien zum Tragen kommen. **Jeder lernt mit dem, was er weiß. Wer viel weiß, kann gut und viel lernen. Weinert nennt diese Regel „Matthäus-Prinzip“, wonach `jedem gegeben wird, der schon hat!`** Zugleich sei erwähnt, dass es **keine Unterrichtsmethode gibt, welche in gleichem Maße die Schüler zu kognitiven Höchstleistungen führt und deren Lernfreude erhält bzw. steigert**. Allein diese Lehrlernkriterien lassen es als notwendig erscheinen, die methodische Vielfalt zwischen direkter Instruktion und offenem Lernen auszuschöpfen und den Lernenden die damit verbundenen Erfolgchancen anzubieten und offen zu halten.

Mit den inklusiven Anforderungen wird dieser Teil der Unterrichtskonzeption deutlich anspruchsvoller. Und das in mehrfacher Hinsicht. Zunächst gilt es, die zunehmende Variabilität innerhalb der Schülerschaft zu diskriminieren. Neben den bisher selbstverständlich erwartbaren Unterschiedlichkeiten in den Alltagserfahrungen und Vorkenntnissen sowie den qualitativ und quantitativ differenzierten schulischen Leistungen (Notenstreuung innerhalb jeder Klasse einer Jahrgangsstufe) kommen nun Verhaltens-, Sprach-, Kultur- und Behinderungsvielfalt hinzu. Mit der Migration und den sehr stark streuenden Lernvoraussetzungen wird dieses Faktum augenscheinlich und erfordert dezidierte bildungspolitische, jedoch noch viel mehr didaktische wie mathetische Maßnahmen. **„Das, was ausgeschlossen wurde, wird nun einbezogen. Die Schule bewegt sich damit von einem System der Selektion hin zu einem System der Inklusion“** (Rumpold, 2015, S. 271).

Durch sie werden Lehrkräfte in ihren Qualifikationen an Leistungs- und Verantwortlichkeitsgrenzen geführt, die sich keinesfalls durch rasch nachgeschobene Fortbildungen überwinden lassen. Ganz im Gegenteil. Die Lehramtsausbildung und die Lehrerfortbildung müssen gänzlich neu gedacht werden. Stundentafeln und Lehrpläne bedürfen einer grundsoliden Überarbeitung, schulische Infrastrukturen müssen neuen Anforderungen gerecht gemacht werden. Auch das gesellschaftlich relevante Menschenbild muss auf den Prüfstand.

Da solche globalen Anpassungen keinesfalls schnell erfolgen können, weil dies mit Bedacht geschehen muss, gilt es, dort konkret zu werden, wo die Problemstellung unmittelbar manifest wird und mit den Mitteln zu arbeiten, die unmittelbar zur Verfügung stehen. D. h. es kommt auf den Lehrer und die Lehrerin an, die kraft ihrer Profession als

erstes gefordert sind. Damit kann Inklusion mit Arndt und Werning (2015) als „ein (aktueller) Anlass zur Unterrichtsentwicklung gefasst werden“ (S. 511). Es zeigt sich nämlich, dass die Bemühungen um die Erstellung inklusionsunterrichtlicher Formate keinesfalls ein Additum der bisherigen Lehreraarbeit darstellen, sondern eher als **Verbesserung der Verstehbarkeit chemischer Lerninhalte für ALLE SchülerInnen** zu sehen ist¹. Die Verfügbarkeit von Materialien ist die eine Sache, die Gestaltung des Rede- und Kommunikationsprozesses die andere. Der Unterricht muss sich noch expliziter um die sprachliche Kompetenz beim Schüler kümmern, damit fachliche Kommunikation (vgl. Kompetenzbereich der NBS) gefördert werden kann (Pietsch, 2017). Das wiederum bedarf des Vorbilds durch den Lehrer, der insbesondere beim „Verwörtlichen“ der Modellebene entsprechende Muster („patterns of variation“) anbieten muss und diese anhaltend einübt (Abb. 1): „The teacher ... gave examples of qualitative differences between macroscopic and sub-microscopic ways of describing a solution as well as the difference between everyday language² and scientific language. In that way, the teacher created patterns of variation that made it possible for students to discern what it meant to answer at a molecular level“ (Vikström et al., 2013, S. 36).

¹ Die Bedeutung einer Hinwendung zu diesem wesentlichen Faktor für Unterrichtsqualität findet allerdings nicht uneingeschränkten Zuspruch. So zeigt sich an Untersuchungen an Lehrkräften in England und Nordirland (Vgl. Avramidis et al., 2000), „dass unter denjenigen, die naturwissenschaftliche Fächer studieren, eine größere Skepsis gegenüber Inklusion besteht, als unter denen, die kein naturwissenschaftliches Fach studieren“ (Stroh, 2015, S. 111). Stroh diskutiert hierzu die Polarisierung einer Fachdidaktik, die sich einmal eher am Fach und eine solche, die sich mehr am Individuum orientiert. Dieses Missverständnis von Fachdidaktik rührt her von der traditionellen Namensgebung. **Besser und eindeutiger ist sicher die Subsummierung von Didaktik (Inhaltsorientierung) und Mathetik (Individuumsorientierung) unter „Lehrern- oder Vermittlungswissenschaft“.** Sie hat die Aufgabe, aus den „Polen“ (Materiale Bildung vs. Formale Bildung; Wissensvermittlung vs. eigenes Forschen; Sachorientierung vs. Subjektorientierung; Fachsystematik vs. freies Forschen) eine jeweils angemessene Gleichgewichtseinstellung abzuleiten. Diese zwingt dann eben nicht zu einer Entscheidung, sondern vielmehr zu einer jeweils anspruchsgerechten Aufeinanderabstimmung von inhaltlichen Ansprüchen und methodischen Leistbarkeiten bis hin zu individuellen Lehrplänen für Schüler (Vgl. EVONIK-Magazin 3/2016: Die Zukunft der Arbeit, S. 43).

² „When something is dissolved, it is so small that we can't see it anymore, and nothing is left on the bottom or at the surface of the beaker“ (S. 34)

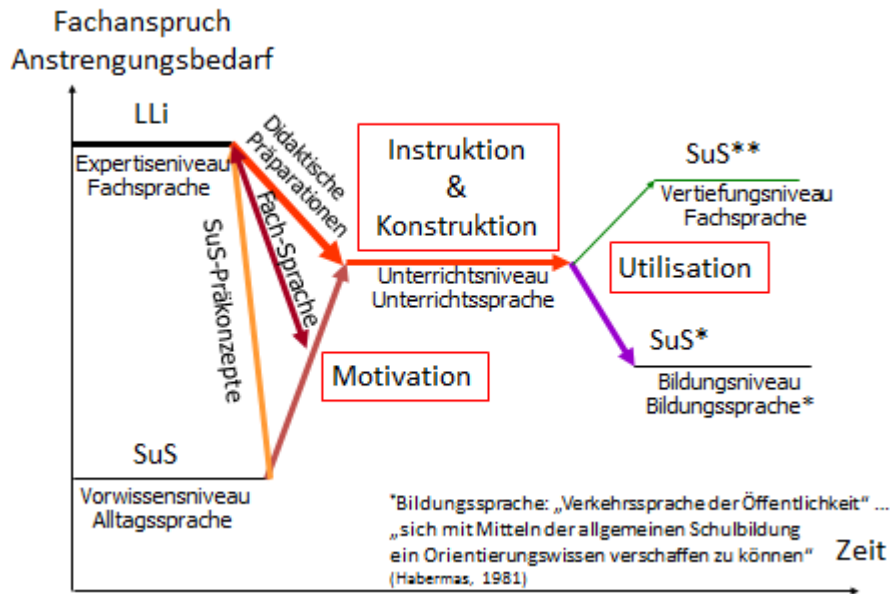


Abbildung 1: Am Aktivierungsmodell des Unterrichts lassen sich die wichtigen Ergänzungen bezüglich der Vorbereitungsfaktoren darstellen

Aber die Berücksichtigung von Sprachhindernissen beginnt schon früher. Achtet man auf die Wörter in der Abb. 2, linke Skizze, so erkennt man, dass es sich mehrheitlich um zusammengesetzte Substantive, sogenannte **Komposita** handelt. In den Sprachen osteuropäischer Länder gibt es dergleichen nicht oder nur ausnahmsweise. Kinder aus entsprechenden Migrantenfamilien könnten demnach bereits hier am Verstehensprozess scheitern. Aus Glas und Trichter folgt eben nicht automatisch das Gerät, welches hier erforderlich ist. Das gilt auch für den Alltag. Man nehme nur das Beispiel "Parkscheinautomat" oder "Fußgängerquerungshilfe". Da man diese grammatikalische Qualität der deutschen Sprache nicht ändern kann und auch nicht soll, muss nach hilfreichen Vorgehensweisen gesucht werden.

Am folgenden Beispiel aus dem Chemieanfangsunterricht (schon ab der Grundschule: Schmidt-Hönig, 2015) soll ein Perspektivenwechsel beschrieben werden, der einer Art Paradigmenwechsel in der Instruktionsform entsprechen könnte. Abb. 2 zeigt links die durchaus übliche Form einer Versuchsanleitung, welche sich für den Anfänger als eine sichere und geradlinig zum Erfolg führende „Rezeptologie“ erweist. Das Trennen von Gemischen gelingt auf diese Weise sehr fachmännisch und arbeitstechnisch wie auch zeitlich gut kalkulierbar. Als Hürde erweist sich die **Begrifflichkeit**. Die Fachbegriffe besitzen keine Alltagsrelevanz, ebenso die Gerätschaften. Allein die Protokollierung wird hierdurch erschwert. Zudem sind die Geräte vorgegeben, was sich auf kreatives Hypothesenbilden nicht gerade stimulierend auswirkt.

Anders ist das bei der Vorgehensweise, wie sie auf der rechten Seite von Abb. 2 beschrieben wird. Hier spielt die Nomenklatur eine untergeordnete Rolle und die kreativen Varianten ersetzen eine Musterlösung. Damit spielt die Fachsprache nicht mehr die Hauptrolle, ebenso die chemiespezifischen Gefäße und Arbeitsmittel. Für den Lehrer bedeutet das eine umfangreichere Vorarbeit hinsichtlich der Bereitstellung von möglichen Arbeitsutensilien. Allerdings ermöglicht diese Form der Problemlösung fast automatisch das entdeckende Lernen und letztlich die wissenschaftspropädeutische Hinführung zur empirischen Erkenntnisgewinnung. Abb. 3 zeigt diese Gegenüberstellung.

Unterrichtsziele

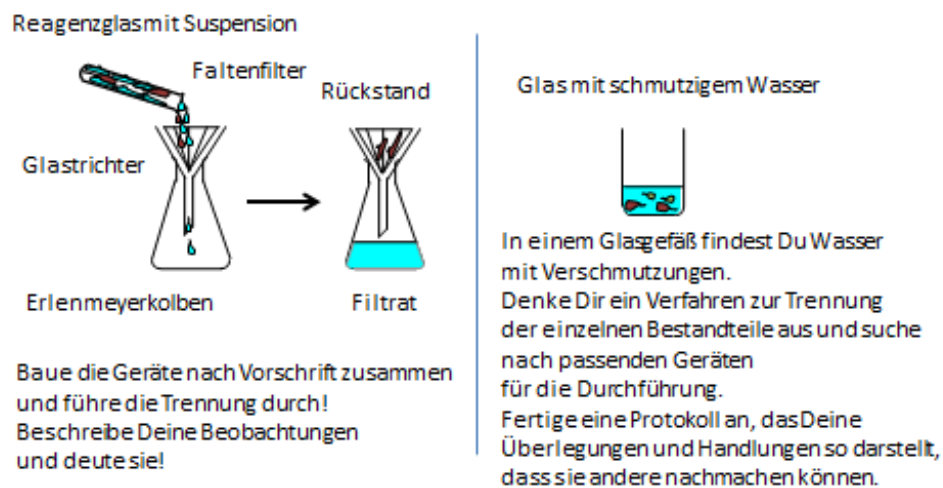


Abbildung 2: Gegenüberstellung zweier Versuchsvarianten zur Stofftrennung. Links: Anleitung mit allen Details; rechts: Aufgabenstellung mit variantenreichen Lösungsmöglichkeiten, auch hinsichtlich des Geräteeinsatzes.

Sehr deutlich lässt sich mit diesem Wechsel in der Vorgehensweise zeigen, dass inklusive Maßnahmen eben nicht nur die Schüler unterstützen, welche sich mit den sprachlichen Bedingungen des Fachunterrichts besonders auseinandersetzen müssen, sondern für alle Schülerinnen und Schüler einen Lern- und Verstehensvorteil mit sich bringen, sie also keine unbillige Zusatzaufgabe für den Lehrer darstellen, sondern eine grundsätzlich Minimierung von (traditionellen) Schwierigkeiten.

„Inklusive Momente im Bildungsprozess entstehen in solchen Lehr-Lern-Situationen, in denen teilhaben und beitragen für alle Schülerinnen und Schüler erfahrbar werden“ (Heimlich, 2017, S. 7). Das ist mit der in Abb. 2 rechts beschriebenen Fassung eher möglich als in der links stehenden. Daneben sei bemerkt, dass die rechte Variante deutlich

dem entdeckenden Lernen entspricht, also einer sehr relevanten Zielsetzung des wissenschaftspropädeutischen Unterrichtens in den Naturwissenschaften.

Zwei Strategien

- | | |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Begriffe stehen im Mittelpunkt • Problematiken stehen im Hintergrund • Fehlerfreiheit ist programmiert • Eigenleistung durch praktisches Tun • Differenzierter Wortschatz bei der Beschreibung und Deutung | <ul style="list-style-type: none"> • Phänomen/Problem steht im Mittelpunkt (PBL) • Vorwissensaktivierung und Kreativität sind gefragt • Begriffe und Gerätschaften (inkl. Fachausdrücke) sind zweitrangig • Reproduzierbarkeit durch anschauliche Beschreibungen als Text und/oder Skizze ist wichtig |
|--|---|

Abbildung 3:Schwerpunkte im Vergleich: Einmal die direkte Instruktion und zum anderen die offene Problemlösung.

Als weiteres Beispiel für die Auseinandersetzung mit Problemstellungen, welche sich auf Inklusion beziehen, jedoch grundlegend für ein verbessertes chemisches Verständnis sein können, stellt die **chemische Fachsprache** dar. Hier werden traditionell nicht alle Schwierigkeiten in ihrer vollen Tiefe erkannt. Allein die fachsprachliche Analyse eines Textbeispiels aus dem Schulbuch zeigt, wie stark die chemische Fachsprache von der Alltagssprache abweichen kann:

Um schulrelevante Fachinhalte für die alltägliche Anwendung dennoch leichter verfügbar zu machen, was speziell im Fall der NAWI-Fächer nötig ist, müssen wenige fachspezifische Lehrplaninhalte, die durch Herstellen von Beziehungen gut verstanden sind, in der Schulphase in ihrer alltagstauglichen Anwendbarkeit für alle SchülerInnen erfolgreich erlebbar gemacht werden.

Unter Berücksichtigung von **Lern-, Sprachentwicklungs- und sozial-emotionalen Entwicklungsstörungen** soll dieser Problemstellung insbesondere **chemiedidaktisch** vermehrte Aufmerksamkeit zuteilwerden. Hierzu sind wiederum diagnostische Fähigkeiten erforderlich, welche auch in der Lehreraus- und Lehrerfortbildung Eingang finden müssen. Grundsätzlich reichen aber Beobachtung und explizite Vorgehensweisen aus um damit rechnen zu können,

- dass bei Schülern mit Lernstörungen die „Kompetenz des Nichtwissens“ eingeschränkt und dieses Erkennen Unsicherheit und letztlich auch Stress auslöst,

- dass bei Kindern mit Sprachentwicklungsstörung eine Fragehaltung weniger leicht ausgelöst werden kann und
- bei emotionalen Entwicklungsstörungen kausale Zusammenhänge nicht ohne weiteres entdeckt werden.

In Aussicht gestelltes Neues verursacht also nicht grundsätzlich Freude, insbesondere, wenn Strukturierungen, also Sicherheiten fehlen, die es auch vom Lehrer zu vermitteln gilt!

Auf der Basis einer engen Verknüpfung von Lernen, Verhalten und Sprache (**Lernen induziert Verhaltensänderungen und Denken strukturiert sich über Sprache**), ist es eine pädagogisch-didaktische Aufgabe bzw. eher Herausforderung, den entstandenen „Problemraum“ zu strukturieren (Abb. 5). Hiermit kann es gelingen, dem Schüler

- Orientierung in Raum und Zeit (Verortung in der Realität versus phantasierte Gefahr) zu vermitteln,
- ihm die Anforderungen explizit zu verdeutlichen und
- ihm die ihm eigenen Möglichkeiten zum Erreichen eigener Ziele bewusst und attraktiv zu machen.

Die Abb. 4 stellt eine Schematisierung der lernpsychologisch relevanten Behinderungen dar, deren Beeinträchtigung oder Fehlen zur Unüberwindlichkeit einer „Verstehenslücke“ führen kann.

LVSD*-Modell nach C. Weber (2016)

*Lern-Verhalten-Sprach-Defizit-Modell

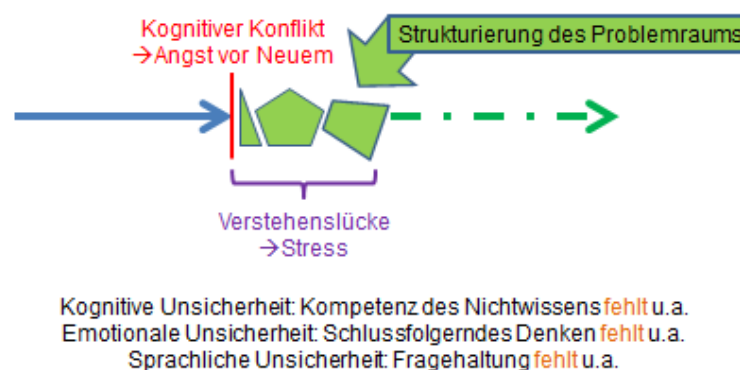


Abbildung 4: Mit der Problembearbeitung gehen kognitive Konflikte einher. Unter den „normalen“ Bedingungen stehen Strategien zur Verfügung, auf die im Einzelfall zurückgegriffen werden kann. Unter erschwerten Bedingungen, d.h. ohne Routinen, wird helfend versucht, das Problem zur portionieren und über Hinterfragung und Erprobung möglicher Antworten das Problem sukzessive zu lösen.

Die **Strukturierung des Problemraums** und damit die Problemlösung überhaupt folgen einfachen Regeln (Vgl. auch Klieme et al., 2001; Neber, 2007; Ram, 1999):

1. Anfangszustand
2. Endzustand; Ziel (Vgl. hierzu: Anton, 2008, S. 96)
3. Routinen fehlen!
4. Schwierigkeitenanalyse (Fragen)
5. Schrittweise Veränderung der Problemsituation (Transformation: *Hypothesenfindung, -prüfung*)
6. Problemlösung

Durch diese Orientierung entsteht subjektiv das Gefühl von Sicherheit, der Anteil des Nichtwissens wird subjektiv überschaubarer, die innere Bereitschaft für das Aushalten des Zustands des Nichtwissens wird gesteigert und die Bewältigung der "Lücke" kommt mental in den Bereich des Erreichbaren, was die Anstrengungsbereitschaft deutlich erhöht. Es ist also wichtig, den Neugierimpuls als Triebfeder für die Überwindung der Lücke wieder zugänglich zu machen. Das ist wiederum eine besondere Chance, die der Chemieunterricht bietet und die auch genutzt werden sollte. Mit der so zunehmenden Sicherheit ließe sich die mentale Hinwendung des Schülers in Richtung Problemlösung unterstützen und ein Meideverhalten verringern (C. Weber, Sonderpädagogik, LMU: Persönliche Mitteilung, 23.2.2016).

Eine der Möglichkeiten, von Beginn an Hemmschwellen bei der Konfliktlösung zu erniedrigen, ist das sukzessive Vereinfachen und sodann zunehmend anspruchsvoller Werdenlassen der sprachlichen Formulierungen, z.B. beim experimentellen Arbeiten. Hierzu liefert Rolletschek (2012) sehr konkrete Vorschläge, die sich im Grundschulbereich genauso einsetzen lassen wie in den weiterführenden Schulen.

LVSD*-Modell nach C. Weber (2016)

*Lern-Verhalten-Sprach-Defizit-Modell

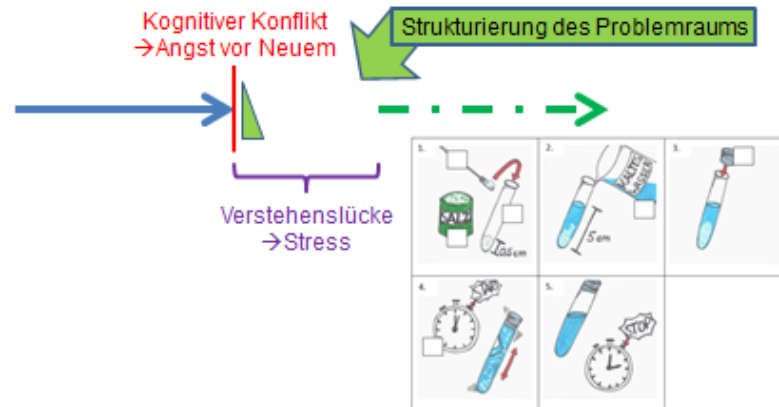


Abbildung 5: Um Lern-, Verhaltens- und Sprachunsicherheiten zu nehmen bzw. gar nicht erst entstehen zu lassen, müssen Problemräume gegliedert und in einzelnen Stationen bearbeitet werden. Dies muss auf emphatischem Wege und explizit geschehen, etwa durch eine von vielen möglichen anschaulichen Zerlegungen von Handlungsabläufen (hier: über Skizzenfolgen).

Selbstverständlich ergeben sich **Aufgaben für die Lehrkräfte**, die sich für die Entwicklung von Unterricht unter inklusiven Bedingungen bereiterklären und die folgenden Kriterien dabei im Auge haben:

1. Adaptivität in der Abstimmung von Lernleistung, Inhalt und Methode
2. Individualisierung mit Blick auf das Spannungsfeld zwischen Einzel- und Gemeinschaftslernen
3. Diagnostik
4. kooperative Lernformen auf der Basis von fünf Kriterien: `Individuelle Verantwortlichkeit, positive Interdependenz³ („Angewiesen-sein auf andere bei gemeinsamen Aufgaben“), direkte Interaktion, Training sozialer Kompetenzen, Gruppenreflexion
5. Individuelle Feedbacks´ (Vgl. Arndt & Werning, 2015).

Bezüglich der **Kooperationen zwischen Lehrkräften**, die sich in der Unterrichtsführung gegenseitig unterstützen wollen, werden von Friend et al. (2010; zit. nach Arndt & Werning, 2015, S. 519-520; Schemata bei Lütje-Klose, 2014, S. 28-29) folgende Varianten angeführt:

³ Das Begriffspaar (Antonyme) „independent“ und „interdependent“ findet sich auch beim Kulturenvergleich, wobei ersterer mit `analytisch und sich eher persönlich abgrenzend` verbunden wird, letzterer mit einer mehr holistischen und auf gemeinschaftliches Aufgabenlösen Weltsicht bzw. einem solchen Selbstkonzept (Weigmann, 2016).

1. „one teach, one assist“: 1 Lehrkraft unterrichtet, die andere hilft einzelnen SuS
2. „one teach, one observe“: 1 Lehrkraft unterrichtet, die andere beobachtet und zeichnet auf
3. „alternative teaching“: (2 Gruppen einer Klasse werden auf unterschiedlichem Niveau zeitgleich unterrichtet)
4. „Parallel teaching“: (2 Gruppen einer Klasse werden zum gleichen Inhalt zeitgleich unterrichtet)
5. „station teaching“: (mehrere Gruppen werden an Stationen von einzelnen Lehrkräften betreut)
6. „Teaming“ („team teaching“): 2 Lehrkräfte unterrichten einen Inhalt unter verschiedenen Aspekten (Experimentdarstellung, Theorieausarbeitung).

In dieser Gegenüberstellung zeigt sich u.a., dass **Kooperation auf Lehrer- und auf Schülerebene sowohl Voraussetzung als auch Folge einer Entwicklung zum inklusiven Unterricht** darstellt. In einem Fach wie Chemie lässt sich dies besonders deutlich umsetzen, da im Theorie-, Praxis- und Reflexionsfeld sehr unterschiedliche Kooperationsformen erprobt und eingesetzt werden können. Aus diesen Überlegungen lassen sich zudem weitere klare Schlussfolgerungen für den Unterricht im Fach Chemie ziehen:

- Frühe, anfangs spielerische Auseinandersetzung mit Chemikalien und Gerätschaften,
- einfaches Ausprobieren dieser Erfahrungen zum Finden und Beantworten von Fragen (Forschungspropädeutik),
- Erfüllen von Versuchsanleitungen, Variation derselben,
- Selbstentwurf von Experimentieranleitungen,
- Protokollierung der eigenen Tätigkeiten, der Begründungen und der Effekte (Datenerhebung),
- Ordnung der Fakten unter Verwendung von Lehr- und Lernmaterialien,
- Fragen, Vermuten (Hypothesenbildung), Prüfen und
- kritisch mit den Ergebnissen umgehen,
- Grenzen der empirischen Erkenntnisgewinnung spüren und reflektieren,
- den eigenen Wissenszuwachs erleben, genießen und daran selbstbewusst und bescheiden werden

- nach praktischen Anwendungen Ausschau halten.

In einer vorläufigen logischen Konsequenz heißt dies auch, dass der Lehrer sich stets zu Beginn des Unterrichtens einer Klasse deutlich einbringen muss, Instruktionen, vor allem bei der Überführung von komplexen Fachstrukturen in Lernstrukturen, klar strukturiert anbietet und der Klasse mit ausgeprägter Diagnosekompetenz begegnet:

Beim „discovery learning“ geht „guided discovery“ (oder „Guided-Scientific-Inquiry“; Hof & Mayer, 2009) vor „pure discovery“ (Mayer, 2004; zitiert aus Sander & Ferdinand). Erst dann und sukzessive kann sich die Lehrkraft moderierend zurücknehmen. Man kann den Unterricht keinesfalls mit dem ‚Zurücknehmen‘ beginnen⁴.

Fallweise gipfelt dieses Missverständnis der Lehrerrolle aktuell darin, dass der Begriff „Lehrer“ vollständig ersetzt wird durch den des „Lernbegleiters“ und auf den Terminus „Lehren“ zugunsten von „Lernen“ völlig verzichtet wird!⁵ Denn „Kindern letztendlich primär die Verantwortung für ihre Bildung zu überantworten, muss fachlich und ethisch hinterfragt werden“ (Fthenakis, 2013, S. 47). Demnach bietet es sich an, beim heutigen Lehrlernverständnis eher von einer **„ko-konstruktiven“ Gestaltung der Bildungsprozesse** zu sprechen. Dieser Argumentation folgt auch Wernke (2016): „Selbstregulation stellt ein Ziel von Unterricht dar und darf nicht einfach vorausgesetzt werden. Die Gelingensbedingungen müssen erst geschaffen werden, um Lernende nicht zu überfordern“ (S. 111).

In diesem Zusammenhang sei auch auf die nicht weit verbreitete Erkenntnis verwiesen⁶, dass es schwächeren Schülern nicht von Hause aus leicht fällt, hinter komplexen Alltagserscheinungen der Chemie die jeweils zutreffenden chemischen Sachverhalte und Prinzipien zu entdecken. Vielmehr muss dies vom Lehrer exemplarisch geleitet werden, was sich besonders bei chemischen Innovationen als durchaus schwierige didaktische Aufgabe zu erkennen gibt (Tausch, 2013). **Die sogenannte ‚Alltagschemie‘** (Woest, 1996; vgl. auch Themenheft PdN-ChiS 61 (2012) 8: „Chemie – Allgemeinbildung und Alltagsbezug“) **stellt keinesfalls den grundsätzlich einfacheren Weg dar, Chemieanfänger für Chemie zu begeistern.**

⁴ Bei Hotarek (2013) findet sich eine prägnante Übersicht zur „Begriffsvielfalt ‚Selbstständiges Lernen‘“.

⁵ Vereinbarungen (2012) innerhalb von Arbeitsgruppen des „Österreichischen Zentrums für Persönlichkeitsbildung und soziales Lernen“ (ÖZEPS).

⁶ Untersuchungen des MPI für Bildungsforschung (Berlin) an Mathematikschülern der Jgst. 2 (GS) zeigten, dass diejenigen SuS besonders geringe Lernfortschritte machten, deren Unterricht „alltagsnah“ gestaltet war (Schmidkunz, 2005). Um diesen Effekt zu verringern, sollte am Ende einer Unterrichtseinheit bevorzugt auf alltagsrelevante Anwendungsmöglichkeiten des Gelernten eingegangen werden.

Das bedeutet wiederum, dass gerade bei inhaltlichen und medialen Neuerungen die **Lernfähigkeit** des Schülers (aus Begabung, Lernumwelt, Entwicklungsstand und Lebensentwurf) als limitierender Faktor beachtet werden muss.

Möglichst vielen Schülern zum Lernerfolg zu verhelfen, hieße demnach besser, auf Strukturierungen und Lenkung großen Wert zu legen (Blaes et al., 2012). Bei besonders Begabten⁷ müsste man zudem gerade durch offene Lernsituationen sowie durch eine anspruchsvoll gestaltete Gruppenarbeit⁸ (Sennebogen & Neuhaus, 2012) mit mehreren Erfolgs Optionen besonderen Fortschritt erzeugen können, u. a. auch deshalb, weil hier die Korrelation zwischen Intelligenz und Lernerfolg signifikant zum Tragen kommt und sich diese (bei sehr schwierigen Aufgaben) in der Erhöhung der Hirnaktivität widerspiegelt⁹.

In diesen Beziehungen treten zwei lehrlernpsychologische Konzepte zutage: Die „**Aptitude-Treatment Interaktion**“ (ATI), wonach der Effekt der Lehrmethode moderiert wird durch die mitgebrachten Fähigkeiten des Lerners und die „**Cognitive Load Theory**“ (CLT), wonach bei sehr hoher kognitiver Belastung des Arbeitsgedächtnisses die höher Begabten besser und die mäßig Begabten weniger lernen. Auch der „**big-fish-little-pond-effect**“ (BFLPE; Marsh, 1987) kann hier Anwendung finden. Nach ihm führen Leistungsgruppierungen zu psychosozialen Effekten: Von zwei leistungsgleichen Schülern entwickelt der eine in der niedrigeren Leistungsebene ein höheres Selbstkonzept als der andere in der höheren Leistungsgruppe. Zugleich profitieren die Schüler der unteren Leistungsebene mehr im psychosozialen Bereich als im kognitiven, vermutlich weil die Kräfte für das kognitive Gegenhalten bei Konkurrenz mit besseren Mitschülern umorientiert werden können (Köller et al., 2000).

Allerdings muss berücksichtigt werden, dass neben der Intelligenz auch andere Persönlichkeitsmerkmale Einfluss auf den Lernerfolg haben, wie z. B. andere Begabungen oder Minderbegabungen, Lernstrategien und Bewältigungsstrategien (vgl. hierzu auch: Klauer & Leutner, 2007, S. 266-302) sowie die Integration emotional-affektiver Information (Dicke & Roth, 2008, S. 65).

⁷ „Eine hochbegabte Person hat das Potenzial, sich schnell inhaltliches und prozedurales Wissen anzueignen. Sie kann dieses Wissen in vielen unterschiedlichen Situationen wie Schule, Familie, Freizeit, Ausbildung und Beruf effektiv nutzen, um neue Probleme, die sich ihr stellen, zu lösen. Sie ist fähig, rasch aus den dabei gemachten Erfahrungen zu lernen. Und sie erkennt auch, auf welche neuen Situationen und Problemstellungen sie ihre gewonnenen Erkenntnisse übertragen kann und wann eine solche Übertragung nicht statthaft ist. All das kann sie weit besser als ein Großteil ihrer Vergleichsgruppe, also zum Beispiel die Gleichaltrigen“ (Rost, 2008, S. 44).

⁸ Die Autoren nennen hierzu „fünf Basiselemente“: positive Abhängigkeit, individuelle Verantwortung, face-to-face Interaktion, Förderung von Sozial- und Teamkompetenzen, Reflexion des Gruppenprozesses.

⁹ Das kann durch eine Entdeckung des Psychologen Eckhard Hess (1965) und die daran anschließenden Forschungen von Kahneman (2012) bestätigt bzw. sichtbar gemacht werden. **Die Pupillengröße eines Menschen verändert sich in Abhängigkeit von den mentalen Anstrengungen. Je größer die Arbeitsgedächtnisbelastung, desto weiter werden die Pupillen. Geringe Anstrengung hat auf die Pupillenerweiterung keinen Einfluss. Sobald die Lösung zu einem besonders schwierigen Problem gefunden ist, verkleinert sich die Pupille;** sie tut das aber auch, wenn der Proband resigniert aufgibt!

Alles Lernen strebt nach einer Erprobung des Erlernten bezüglich seines Nutzens, auch im Sinne einer mental-ökologischen Einnischung und Vorteilsicherung mit der Herstellung bestmöglicher (Über-) Lebensbedingungen (Haber, 2010). So mündet die Lern- in eine Prüfungsleistung oder –auf den Sport bezogen- dem Training folgt der Wettbewerb bzw. in der Musik, wo das Üben der Aufführung vor Publikum vorausgeht. Lernleistung findet auf unterschiedlichen Ebenen statt, wobei auch unterschiedliche Strategien eingesetzt werden um zum Lernerfolg zu kommen. Die fallbezogene Anwendung von Strategien wird als Lernkompetenz bezeichnet (Lind & Sandmann, 2003, Ruffo, 2010).

Neber (1993) unterscheidet zwei Arten epistemischer Prozesse:

- Wissensgenerierende zur Herstellung von Wissensstrukturen¹⁰ (‘Wie erklärt sich ...?’) und
- prozessregulierende zur metakognitiven Regulation dieser Konstruktion (‘Was muss ich unternehmen, damit ...?’). Darunter versteht man „Wissen in Form von Anmutungen, Intuitionen, Heuristiken und Routinen, wie man am besten lernt“ (Weinert, 1998, S. 14).

Zeyer (2010) differenziert zudem nach **Denkstrategien**. Dabei unterscheidet er zwischen den **Systematisierern** (gehen einer Sache systematisch auf den Grund) und den **Empathen**¹¹ (können sich gut in die Gedanken- und Gefühlswelt anderer Mitmenschen hinein versetzen). In seinen Untersuchungen fand er signifikante Korrelationen zwischen der Motivation, Naturwissenschaften zu studieren und der Fähigkeit zum Systematisieren. Das Geschlecht spielt dabei keine Rolle (Zeyer, 2012).

Die Reflexion des eigenen Lernprozesses soll Denk- und Lernstrategien offenlegen und sie auch veränderbar, optimierbar machen. Schweder (2012) spricht hier vom „Rückbesinnungsprinzip“, Aebli (1976) von „Auffassungstätigkeit“ und „Arbeitsrückschau“, Oser et al. (1997) im Rahmen seiner „Basismodelle des Unterrichts“ wiederum von „Metallernen“ („Lernen von Strategien“; S. 14). Die Metakognition soll aber auch dazu beitragen, das Fähigkeitsselbstkonzept (Fsk) in seiner Ausformung erlebbar und das Selbstbewusstsein sowie das Selbstwertgefühl im Sinne eines neuerlichen Motivationsschubs spürbar werden zu lassen (Konrad, 1997; Stotz et al., 2011) (vgl. auch Möller & Köller, 1996).

¹⁰ Neber differenziert zwischen Fakten, Konditionen und Funktionen als höchste Qualität des Wissenseinsatzes (Neber, 1993). Beim Übergang von der einen zur nächst höheren Stufe kann von „Wissenskompilierung“ gesprochen werden.

¹¹ An der PH Heidelberg lief ein Forschungsprojekt (2011-2013) als Videostudie mit der Frage „Sind 4-6-jährige schon Systematisierer oder Emphasierer?“ (Leitung: Prof. Dr. Manuela Welzel-Breuer).

Konrad (2006) nennt metakognitive prompts und die Erstellung von concept maps „zentrale Bestimmungsstücke des individuellen Wissenserwerbs“ (S. 188).

Zu den nichtkognitiven Lernstrategien von **Schülern** zählen auch die orientierungsabhängigen **Bewältigungsstrategien**:

- **Sach-, Aufgabenorientierung (Lernzielorientierung)** als Problemanalyse (*Was benötige ich zur Aufgabenlösung? – Learning Goal*),
- **Abhängigkeitsorientierung als Lehrerabsichtsanalyse** (*Was will der Lehrer von mir hören?*)¹²,
- **Ichorientierung (Leistungszielorientierung) als Egoeffektanalyse** (*Welchen Nutzen ziehe ich aus der Aufgabenlösung? – Performance Goal*).

Die **Lernzielorientierung** impliziert, dass Begabung und Intelligenz veränderbar sind und sich die Anstrengung sozusagen lohnt, die **Leistungszielorientierung** geht davon aus, dass die eigenen Fähigkeiten nur unwesentlich beeinflussbar sind. Lernzielorientierte Lerner zeigen den Aufgaben gegenüber eher ein meisterndes Verhalten, wohingegen die Leistungsziellerner bei einem niedrigen Begabungskonzept eher resignativ reagieren. „Gute Lernstrategien reduzieren in Leistungssituationen die ‘cognitive demands’ und erhöhen somit die Schwelle, oberhalb derer sich angstbedingte aufgabenirrelevante Kognitionen leistungsmindernd auswirken können“ (Tobias, 1985).

Nach Stiensmeier-Pelster et al. (1996) zeigen „Versuchspersonen mit niedrigem Begabungskonzept und Leistungszielorientierung den geringsten Leistungszuwachs, die geringste Steigerung des Anspruchsniveaus und ... ein negatives Attributionsmuster“ (S. 169).

Sparfeldt et al. (2007) differenzieren nach „**Lernziele, Annäherungs-Leistungsziele** (=Zeigen eigener Kompetenz), **Vermeidungs-Leistungsziele** (=Verbergen eigener Inkompetenz) **und Arbeitsvermeidung**“ und gehen dabei von ‘relativ bereichunspezifischen motivationalen Merkmalen’ aus.

Lehtinen (1994) unterscheidet bei den Bewältigungen drei vergleichbare Versionen:

- **‘Sachorientierung** (Probleme sind Herausforderungen und wollen gelöst werden, die dazu nötigen Kenntnisse wollen erworben werden; Schüler profitiert deutlich vom Schulunterricht),

¹² Hierzu heißt es bei Kuhl (1993), der sich mit der „spielorientierten Didaktik“ des Physikdidaktikers von Aufschnaiter (1986) auseinandersetzt: „Für eine spielorientierte Didaktik steht im Vordergrund, Lernsituationen konsequent für Schüler in Spielsituationen umzuwandeln, weil nur so gewährleistet ist, dass die Schüler überhaupt bereit sind, eigene Handlungsziele zu verfolgen und nicht darauf schießen, welche Antworten der Lehrer wohl erwarte. Angst, so scheint es, ist der Hauptfaktor bei der Verhinderung von sachbezogenem Lernen“ (S. 42).

- **soziale Abhängigkeitsorientierung** (intellektuelle Verantwortung für das Verstehen wird an den Lehrer delegiert; Schüler hat große Schwierigkeiten beim selbstständigen Lernen)
- **Ich-bezogene Orientierung** (Misserfolgserlebnisse führen zur Vermeidung von Situationen, in denen neue Misserfolge zu erwarten sind und zum Aufsuchen von solchen, in denen Lehrererwartungen erfüllbar sind) (S. 156).

Untersuchungen deuten darauf hin, dass die Sachorientierung besonders dann in ihrer Ausprägung unterstützt wird, wenn schon am Beginn der Schulzeit das Lesenlernen erfolgreich verläuft. Dies wiederum verstärkt das gründliche Verstehen des mündlichen und schriftlichen Diskurses, also die Sachorientierung und die prüfungs- und lehrerunabhängige (Bewältigungsstrategie 2 und 3) Ausbildung von mentalen Modellen (Generalisierung) von Textinhalten.

Wild und Schiefele (1994) unterscheiden innerhalb der **Wissensgenerierung** zwischen Elaborations- oder Oberflächenstrategien (Verknüpfungen neuer Informationen mit vorhandenem Wissen) und Orientierungs- oder Tiefenstrategien (Aufbereitung von Informationen in verarbeitungsfreundliche Formen). Besteht ein deutlich positiver Zusammenhang zwischen der Nutzung von Tiefen- und metakognitiven Strategien, so schließt die Nutzung von Oberflächenstrategien ein tiefergehendes und metakognitives Lernen aus (Großschedl & Harms, 2011). Dies lässt den Schluss zu, dass **Lehrleistung u.a. vorrangig darin besteht, neue Informationen übersichtlich (u.a. in Form von Concept maps, Tabellen, Schemata), vorwissensbezogen, geclustert und mit Anregungen zur metakognitiven Kontrolle, etwa als „creative stop-points“ (CSP) insbesondere beim experimentellen Arbeiten (Wirth et al., 2008) aufzubereiten**, was wiederum zur Entlastung des Working Memory führt bzw. dort die gleichzeitige Bearbeitung von größeren Chunks (Sinneinheiten) erleichtert und damit die Intelligenzentwicklung fördert (Neubauer & Stern, 2007).

Aus der Forschungsrichtung der **„Embodied Cognition“** („Embodiment“=“verkörpertes Denken“), in der untersucht wird, wie kognitive Leistungen durch körperliche Prozesse in Form von gezielten Bewegungen beeinflusst werden, lassen sich interessante Argumente für ein Lernen herleiten, welches von sinnentsprechenden Bewegungen¹³, gezielten

¹³ Ergänzend sei darauf hingewiesen, dass es hierzu auch Empfehlungen gibt, durch `sinnfreie´ Bewegungen, etwa durch „Fingerklimpern“ Körper und Geist fit zu halten. Erkenntnisse aus dem Institut für Kreislaufforschung und Sportmedizin in Köln (W. Hollmann; Bericht in der SZ o. Erscheinungsdatum) besagen, dass Fingerbewegungen die Durchblutung der

Handlungen begleitet wird (Weigmann, 2013). **So kann das ausführlich in Stufen bewusst gemachte Filtrieren einer Suspension und das anschließende Eindampfen des Filtrats nicht nur als eine gewusste Trennmethode ins Gedächtnis eingespeichert werden, sondern zusätzlich als erlebter konsistenter Handlungsablauf**, der sich in einer sicheren Feinmotorik (insbesondere im Kindesalter) äußert. Damit werden mehrere Hirnareale miteinander verknüpft und der Vorgang des Filtrierens mehrfach codiert (Macedonia, 2013) und damit besser rememberbar. Oftmals werden die so genannten „einfachen“ Handlungen dem ‚impliziten Lernen‘ anvertraut (Neuweg, 2000, Neuweg, 2002; Oerter, 2000), was in solchen konkreten Fällen wie Bedienen eines Bunsen-, Teclu- oder Kartuschenbrenners, Unterscheiden einer Kerzen- von einer Gasbrenner-, Feuerzeug- oder Öllampenflamme keinesfalls zielführend ist. Diese müssen explizit erarbeitet werden. Alle aufgeführten Strategien zum Denken und Handeln stehen –wie schon mehrfach erwähnt– in einem direkten Zusammenhang zur Sprache. Argumente, Experimentbeschreibungen, Reflexionen des Erlebten und Verursachten müssen ausgedrückt werden können, denn **„Was die Forscher ‚Denken‘ nennen, ist offenbar in Wirklichkeit eine Ansammlung linguistischer und nichtlinguistischer Prozesse. Demnach dürfte es beim Erwachsenen kaum Denkvorgänge geben, bei denen die Sprache keine Rolle spielt“** (Boroditsky, 2012). „Lautes Denken“ und „Selbstgespräche“ bestätigen dies nur allzu deutlich.

Inklusiver Chemieunterricht ist ein adaptiver Unterricht, mit dem Minder-, Normal- und Hochbegabungen zusammen mit unterschiedlichen Lernhintergründen und Interessenslagen so berücksichtigt werden, dass sich individuelle Lernerfolge zu langfristigen Bildungseffekten veredeln lassen. → Guter Unterricht ist immer auch inklusiv und präventiv!

Literatur

Aebli, H. (1976). *Psychologische Didaktik*. Stuttgart: Klett

Anton, M. A. (2008). *Kompandium Chemiedidaktik*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt

Arndt, A.-K., & Werning, R. (2015). *Inklusion als Anlass zur schulweiten Unterrichtsentwicklung*.

In H.-G. Rolff (Hrsg.). *Handbuch Unterrichtsentwicklung* (S. 511-524). Weinheim: Beltz

- Aufschnaiter, S. v. (1986). *Lernziele im Visier*. physica didactica 13, 7-13
- Avramidis, E.; Bayliss, P. I., & Burden, R. (2000). *Student teachers' attitudes towards the inclusion of children with special educational needs in the ordinary school*. Teaching and Teacher Education 16 (3), 277-293
- Blaes, K.; Anus, S.; Kallweit, I.; Naeve, S., & Melle, I. (2012). *Individuelle Förderung im Chemieunterricht*. MNU 65 (5), 293-300
- Boroditsky, L. (2012). *Wie die Sprache das Denken formt*. Spektrum der Wissenschaft 4, 30-33
- Dicke, U., & Roth, G. (2008). Evolution der Intelligenzen. *Gehirn & Geist* 3, S. 58-65
- Fthenakis, W. F. (2013). *Auf Spurensuche*. didacta 1, 42-48
- Großschedl, J., & Harms, U. (2011). *Concept mapping: Förderung der Metakognition oder metakognitiver Förderbedarf?* In H. Bayrhuber et al.. Empirische Fundierung in den Fachdidaktiken. S. 115-130. Münster: Waxmann
- Haber, W. (2010). *Die unbequemen Wahrheiten der Ökologie – Eine Nachhaltigkeitsperspektive für das 21. Jahrhundert*. München: Oekom
- Heimlich, U. (2017). *Inklusive Momente im Bildungsprozess*. Päd. Rundschau 71 (2), 171-186
- Hof, S., & Mayer, J. (2009). *Förderung von wissenschaftsmethodischen Kompetenzen durch Forschendes Lernen*. Erkenntnisweg Biologiedidaktik 7, 69-84
- Hotarek, I. (2013). *Begriffsvielfalt „Selbstständiges Lernen“*. IMST-NL 12, 39,
- Kahneman, D. (2012). *Schnelles Denken – Langsames Denken*. München: Siedler
- Klauer, K. J., & Leutner, D. (2007). *Lehren und Lernen – Einführung in die Instruktionspsychologie*. Weinheim: Beltz
- Klieme, E.; Funke, J.; Leutner, D.; Reimann, P., & Wirth, J. (2001). *Problemlösen als fächerübergreifende Kompetenz – Konzeption und erste Resultate aus einer Schulleistungsstudie*. Z. f. Päd. 47 (2), 179-200
- Köller, O.; Schnabel, K. U., & Baumert, J. (2000). *Der Einfluss der Leistungsstärke von Schulen auf das fachspezifische Selbstkonzept der Begabung und das Interesse*. Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie 32, 2, S. 70-80
- Konrad, K. (1997). *Wie Metakognitionen das Lernverhalten beeinflussen: Handlungstheoretische Analysen selbstgesteuerter Lernprozesse bei Studierenden*. Empirische Pädagogik 11 (4), 467-495

- Konrad, K. (2006). *Reflexion in interaktiven Lernumgebungen: Können (meta)kognitive prompts und concept maps reflexive Aktivitäten optimieren?* Psychologie in Erziehung und Unterricht 53 (3), 188-200.
- Kuhl, A. M. (1993). *Soll die Didaktik konstruktivistisch werden?* Pädagogische Korrespondenz 12, 36-55
- Lind, G., & Sandmann, A. (2003). *Lernstrategien und Domänenwissen*. Zeitschrift für Psychologie 211 (4), 171-192
- Lehtinen, E. (1994). *Institutionelle und motivationale Rahmenbedingungen und Prozesse des Verstehens im Unterricht*. In M. Weyeneth (Hrsg.). Verstehen – Psychologischer Prozeß und didaktische Aufgabe (S. 143-162). Bern: H. Huber
- Lütje-Klose, B. (2014). *Kooperation in multiprofessionellen Teams*. Friedrich Jahresheft (2014) 26-29
- Macedonia, M. (2013). *Mit Händen und Füßen*. Gehirn & Geist 1/2, 32-36
- Marsh, H. W. (1987). *The big-fish-little-pond effect on academic self-concept*. Journal of Educational Psychology 79, 280-295
- Mayer, R. E. (2004). *Should there be a three-strikes rule against pure discovery learning? The case for guided methods of instruction*. American Psychologist 59, 14-19
- Möller, J.; Köller, & O. (Hrsg.) (1996). *Emotionen, Kognitionen und Schulleistung*. Weinheim: Beltz
- Neber, H. (1993). *Training der Wissensnutzung als objektgenerierende Instruktion*. In K. J. Klauer (Hrsg.). Kognitives Training (S. 217-243). Göttingen: Hogrefe
- Neber, H. (2007). *Problemlösen*. In K.-H. Arnold, U. Sandfuchs, J. Wiechmann. *Handbuch Unterricht*. Bad Heilbronn: Klinkhardt
- Neubauer, A., & Stern, E. (2007). *Lernen macht intelligent*. München: DVA
- Neuweg, G. H. (2000). *Mehr lernen, als man sagen kann: Konzepte und didaktische Perspektiven impliziten Lernens*. Unterrichtswissenschaft 28 (3), 197-217
- Neuweg, G. H. (2002). *Lehrerhandeln und Lehrerbildung im Lichte des Konzepts des impliziten Wissens*. Zeitschrift für Pädagogik 48 (1), 10-29
- Oerter, R. (2000). *Implizites Lernen beim Sprechen, Lesen und Schreiben*. Unterrichtswissenschaft 28 (3), 239-256
- Oser, F. K.; Patry, J.-L.; Elsässer, T.; Sarasin, S., & Wagner, B. (1997). *Choreographien unterrichtlichen Lernens. Schlussbericht an den Schweizerischen Nationalfonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung*. Freiburg: Päd. Institut der Universität Freiburg

- Pietsch, A. (2017). *Muss ich in Chemie auch noch Deutsch unterrichten?* Chemie&Schule 32 (2), 10-12
- Rost, D. H. (2008). *Hochbegabung – Fakten und Fiktionen*. Gehirn & Geist 3, 44-50
- Ruffo, E. (2010). *Das Lernen angehender Lehrpersonen – Eine empirische Untersuchung an der Pädagogischen Hochschule Zürich*. Frankfurt: P. Lang
- Sander, E., & Ferdinand, P. (2013). *Empirische Befunde und pädagogische Chancen im Kontext selbstgesteuerten, experimentellen Lernens in den Naturwissenschaften*. Empirische Päd. 27 (1), 47-85
- Schmidkunz, H. (2005). *Das vortragend-darstellende Unterrichtsverfahren*. PdN-ChiS 54 (8), 18-22
- Stolz, M.; Wittek, T.; Marks, R., & Eilks, I. (2011). *“Doping” für den Chemieunterricht*. MNU 64 (8), 472-479
- Stroh, M. (2015). *Inklusion im naturwissenschaftlichen Unterricht – Beschreibung eines Spannungsfeldes*. In C. Siedenbiedel; C. Theurer, (Hrsg.). *Grundlagen inklusiver Bildung Teil 1 Inklusive Unterrichtspraxis und –entwicklung* (S. 110-121). Immenhausen: Prolog
- Ram, P. (1999). *Problem-Based Learning in Undergraduate Education*. Journal of Chemical Education 76 (8), 1122-1126
- Rumpold, V. (2015). *Ein Ziel sucht seinen Weg – die Vorbereitung angehender Lehrkräfte auf Inklusion*. In C. Siedenbiedel, C. Theurer, (Hrsg.). *Grundlagen inklusiver Bildung Teil 2 Inklusive Unterrichtspraxis und –entwicklung* (S. 270-281). Immenhausen: Prolog
- Schweder, S. (2012). *Forschendes Lernen strukturiert planen und durchführen – Die Potentiale eines Forschungsplans als Unterstützungsinstrument*. Pädagogik 7/8, 70-74
- Sennebogen, S., & Neuhaus, B. (2012). *Wann wird Gruppenarbeit zu guter Gruppenarbeit?* MNU 65 (5), 260-266
- Sparfeldt, J. R.; Buch, S. R.; Wirthwein, L., & Rost, D. H. (2007). *Zielorientierungen: Zur Relevanz der Schulfächer*. Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie 39 (4), 165-176
- Stiensmeier-Pelster, J.; Balke, S., & Schlangen, B. (1996). *Lern- versus Leistungszielorientierung als Bedingungen des Lernfortschritts*. Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie 28 (2), 169-187
- Tausch, M. W. (2013). *Curriculare Innovationsforschung in der Chemiedidaktik*. PdN-ChiS 62 (4), 38

- Tobias, S. (1985). *Text anxiety: Interference, defective skills, and cognitive capacity*. Educational Psychologist 20, 135-142
- Trautmann, M., & Wischer, B. (2011). *Heterogenität in der Schule. Eine kritische Einführung*. Wiesbaden: VS
- Vikström, A.; Billström, A.; Fazeli, P.; Holm, M.; Jonsson, K., Karlsson, G., & Rydström, P. (2013). *Teacher's solutions: a learning study about solution chemistry in Grade 8*. International Journal for Lesson and Learning Studies 2 (1), 26-40
- Weigmann, K. (2013). *Die Intelligenz des Körpers*. Gehirn & Geist 1/2, 26-31
- Weigmann, K. (2016). *Eine Frage der Kultur*. Gehirn & Geist 6, 58-62
- Weinert, F. E. (1998). *Guter Unterricht ist ein Unterricht, in dem mehr gelernt als gelehrt wird*. In J. Freund, H. Gruber, W. Weidinger (Hrsg.). *Guter Unterricht – Was ist das? Aspekte von Unterrichtsqualität* (S.7-18). Wien: ÖBV Päd. Verlag
- Wernke, S. (2016). *Selbstregulation durch Fremdregulation?! – Gelingensbedingungen für offene Lehr-Lernformen*. Friedrich-Verlag Jahressheft S. 110-111
- Wild, K.-P., & Schiefele, U. (1994). *Lernstrategien im Studium: Ergebnisse zur Faktorenstruktur und Reliabilität eines neuen Fragenbogens*. Zeitschrift für Differentielle und Diagnostische Psychologie. 15 (4), 185-200
- Woest, V. (1996). *Alltagsorientierter Unterricht*. Bremen
- Zeyer, A. (2010). *Motivation to Learn Science and Cognitive Style*. Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education 6 (2), 121-128
- Zeyer, A. (2012). *Brain type or Sex Differences. A Structural Equation Model of the Relation between Brain type, Sex, and Motivation to Learn Science*. International Journal of Science Education 34 (5), 779-802

Prof. Dr. Michael Anton war nach 20 Jahren Lehrtätigkeit für Chemie und Biologie am Gymnasium ab 1994 bis 2016 Leiter der „Didaktik und Mathematik der Chemie“ an der Ludwig-Maximilians-Universität in München. Er war Vorstandsmitglied der GDChP sowie Sprecher der Bayerischen Chemiedidaktiker und der Fachdidaktiken der LMU. Mit Lehrauftrag an der LMU, als Privatdozent an der Universität zu Köln und als Honorarprofessor der Universität Wien engagiert er sich neben Lehre, Forschung und Bildungspolitik weiterhin für die Chemiedidaktik.



Prof. Dr. Michael A. Anton i. R.
Blombergstr. 2 c
82054 Sauerlach
michaelanton48@web.de

Elektrochemie lernstilorientiert differenziert – Eine Möglichkeit zur Förderung des fachlichen Lernens in heterogenen Lerngruppen

Katharina Groß

Zusammenfassung:

Alle Schüler*innen unterscheiden sich voneinander hinsichtlich vielfältiger Heterogenitätsdimensionen, die es für die Gestaltung eines schülerangepassten (Chemie-) Unterrichts zu berücksichtigen gilt. Insbesondere mit Hilfe des didaktischen Prinzips der Differenzierung können Lehrenden den individuellen lern- und entwicklungspsychologischen Voraussetzungen der Schüler*innen in ihrem Unterricht angemessen begegnen. Seit vielen Jahren werden daher unterschiedliche Differenzierungsangebote entwickelt und auf ihre Eignung hin in heterogenen (inklusive) Lerngruppen erprobt, analysiert und evaluiert. In diesem Beitrag geht es um die Durchführung und Evaluation eines Lernarrangements zu dem Thema „Spannungsquellen in Alltag und Technik: Batterien“, das im Sinne der lernstilorientierten Differenzierung konzipiert ist. Ziel der qualitativen Untersuchung ist es, herauszufinden, ob und inwiefern ein solches lernstilorientiertes Lernarrangement den Lernzugang, den Lernprozess und in der Folge den fachlichen Lernerfolg der teilnehmenden Schüler*innen zu unterstützen und zu fördern vermag.

Stichworte:

Umgang mit Heterogenität, lernstilorientierte Differenzierung, elektrochemische Spannungsquellen

1 Einleitung

Nicht erst seit der Ratifizierung der UN-Behindertenrechtskonvention und der damit einhergehenden gesetzlichen Verankerung der inklusiven Beschulung an allgemeinbildenden Schulen hat die Bedeutung von Differenzierung und Individualisierung im (Chemie-)Unterricht zugenommen. Seit jeher unterscheiden sich Schüler*innen hinsichtlich vielfältiger Heterogenitätsdimensionen, die es insbesondere auf unterrichtlicher Ebene durch die Bereitstellung unterschiedlicher Differenzierungsmaßnahmen angemessen zu berücksichtigen gilt. Entsprechend der Definition von Bönsch (2009) wird dabei unter Differenzierung „[...] einmal das variierende Vorgehen in der Darbietung und Bearbeitung von Lerninhalten verstanden, zum anderen die Einteilung bzw. Zugehörigkeit von Lernenden zu Lerngruppen nach

bestimmten Kriterien. Es geht um die Einlösung des Anspruchs, jedem Lernenden auf optimale Weise Lernchancen zu bieten, dabei die Ansprüche und Standards in fachlicher, institutioneller und gesellschaftlicher Hinsicht zu sichern und gleichzeitig lernorientiert aufzubereiten.“ (vgl. Bönsch, 2009, S. 14). Obwohl diese sehr umfassende Definition sowohl Aspekte der äußeren als auch der inneren Differenzierung enthält, gewinnt insbesondere die innere Differenzierung – auch im Hinblick auf einen inklusiven Chemieunterricht – für einen produktiven Umgang mit der Heterogenität von Lerngruppen im Sinne einer schülerorientierten und flexiblen Unterrichtsgestaltung an Bedeutung (vgl. Groß 2013, S.57).

Alle Maßnahmen einer solchen inneren Differenzierung haben – unabhängig von ihrer individuellen Ausgestaltung – das Ziel, das schulische Lernen der Schüler*innen durch ein variierendes didaktisches Vorgehen in der Bearbeitung von Lerninhalten zu ermöglichen, zu unterstützen und zu fördern (vgl. auch Groß, 2017; Bönsch, 2009).

Die chemiedidaktische Forschung bemüht sich deshalb seit vielen Jahren, mögliche Wege der inneren Differenzierung für den Chemieunterricht in heterogenen Lerngruppen aufzuzeigen, um das fachliche Lernen aller Schüler*innen zu unterstützen (vgl. Becker, 2009; Groß, 2013; Becker et. al. 2016). In Anlehnung an Bönsch (2009) halten insbesondere Formen der positiven inneren Differenzierung Möglichkeiten zur optimalen (fachlichen) Förderung von Schüler*innen bereit, da sie im Gegensatz zu Formen der negativen inneren Differenzierung nicht darauf abzielen, das grundlegende Leistungsniveau abzusenken, sondern das variable didaktische Vorgehen im Unterricht in den Blick nehmen (vgl. Tab.1, Bönsch, 2009, S.38f.).

Tabelle 1: Zusammenfassende Darstellung der negativen und positiven inneren Differenzierung nach Bönsch, 2009 (Bönsch, 2009, S.38f.).

Negative innere Differenzierung	Positive innere Differenzierung
<p>Begegnung der Realität durch sog. Minderungsstrategien:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Reduktion der Ansprüche • Vereinfachung der Inhalte • Verlangsamung der Behandlung der Inhalte <p>Folge: Absenkung des Leistungsniveaus</p>	<p>Begegnung der Realität durch variable didaktische Gestaltung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Variable Er- und Bearbeitungswege • Temporäre Selbstlernphasen • Individuelle Förderprogramme • Zieldifferenzierte Differenzierung <p>Folge: Optimale Förderung bei gleichbleibendem Leistungsniveau</p>

Für die Umsetzung eines so verstandenen positiv-differenzierenden Chemieunterrichts können insbesondere auch die Stärken der Kompetenzorientierung nutzbar gemacht werden. So ist es innerhalb eines Themengebietes möglich, verschiedene Kompetenzschwerpunkte zu setzen (Zieldifferente Differenzierung) oder die Kompetenz- bzw. Anforderungsniveaus zu variieren – auch unter Einbezug verschiedener Alltagsbezüge und methodischer Vorgehensweisen (Variable Er- und Bearbeitungswege) (vgl. Wellensiek & Sliwka, 2013).

In diesem Sinne erscheint es möglich, die vielfältigen Voraussetzungen der Schüler*innen angemessen zu berücksichtigen, sodass diese auf der Grundlage einer erlebten Selbstwirksamkeit in ihrem fachlichen Chemielernen motiviert werden können. Auch zeigt ein solcher, adaptiver Chemieunterricht bereits Ansatzpunkte auf, die ebenso den Prinzipien eines inklusiven Chemieunterrichts entsprechen (vgl. u.a. Schlüter, Melle & Wember, 2016; Menthe & Hoffmann, 2015; Abels, 2015; Becker et. al. 2016).

2 Lernstilorientierte Differenzierung für den Chemieunterricht

Wenn es also darum geht, das fachliche Lernen der Schüler*innen bestmöglich zu fördern, gerät ein Chemieunterricht in den Blick, der individuelle Lernmöglichkeiten und -wege von Schüler*innen im Sinne der positiven inneren Differenzierung zulässt. Eine vielversprechende Möglichkeit bieten Lernarrangements, die im Sinne der lernstilorientierten Differenzierung konzipiert sind. In der lernstilorientierten Differenzierung geht es vorrangig darum, den Schüler*innen verschiedene Arten des Lernzugangs zu bieten, auf dessen Grundlage das fachliche Lernen überhaupt erst für sie möglich wird. Auch Tomlinson (2001) betont, dass Schüler*innen verschiedene Möglichkeiten der Informationsaufnahme und -verarbeitung erhalten müssen, damit sie den unterrichtlichen Inhalt sinnstiftend entschlüsseln und ihr erworbenes Wissen für das weitere Lernen schließlich angemessen verankern können: „In other words, a differentiated classroom provides different avenues to acquiring content, to processing or making sense of ideas, and to developing products so that each student can learn effectively“ (Tomlinson, 2001, S.1). Mit dem Einsatz solcher Differenzierungsmaßnahmen, die zwar verschiedene Wege aufzeigen, innerhalb derer die Schüler*innen aktiv sein können und die gleichzeitig jedoch die curricularen Vorgaben und Ziele einhalten, steht zu erwarten, dass alle Schüler*innen bestmöglich lernen können. Die Forderung nach einem individuellen

Zugang zu den (fachlichen) Lerninhalten, der in einem effektiven Lernprozess und folglich in einem angemessenen Lernergebnis der Schüler*innen mündet, findet sich ebenfalls in den Überlegungen zur Gestaltung von inklusivem (Chemie-) Unterricht im Sinne des Universal Design for Learning wieder (Rose & Meyer, 2000; Meyer, Rose & Gordon, 2014; Schlüter, Melle & Wember, 2016).

2.1 Lernstile – (k)ein unumstrittenes Konzept

Die lernstilorientierte Differenzierung orientiert sich sowohl an dem didaktischen Prinzip der Differenzierung als auch an dem Konzept der Lernstile, das auf Grund einer fehlenden übergeordneten Theorie und in der Folge einer fehlenden forschungsmethodischen Erfassung und Überprüfbarkeit von Lernstilen nicht unumstritten ist (vgl. Groß, 2013, S.192ff.; Luo, 2015, S.43f.).

Grundsätzlich ist allen Lernstiltheorien gemein, dass sie davon ausgehen, dass Menschen auf unterschiedliche Art und Weise lernen. Diese grundlegende Annahme findet sich ebenfalls in den pädagogisch-psychologischen Überlegungen zur Differenzierung wieder, in denen der Lernstil eines Schülers nicht selten als eine mögliche Dimension von Heterogenität aufgeführt wird (vgl. u.a. Altrichter & Hauser, 2007; Paradies & Linser, Saalfrank, 2008). Der häufig unkritische Umgang mit Lernstilen in der schulischen Praxis vernachlässigt allerdings die Diskussion der Lernstilforschung darüber, ob und inwiefern ein existierendes bevorzugtes Lernverhalten von Schüler*innen als stabil und kontextunabhängig oder jedoch als grundsätzlich veränderbar und kontextabhängig verstanden werden kann. In diesem Sinne unterscheiden sich lernstiltheoretische Auffassungen zum Teil deutlich voneinander und können in Anlehnung an Coffield et al. (2004) auf einem sog. Lernstilkontinuum angeordnet werden, das von Lernstilen als einer (relativ) stabilen Persönlichkeitseigenschaft (Lerntyp) bis hin zu einer flexiblen, situationsgebundenen Auffassung von Lernverhalten (Lernpräferenz) reicht (Coffield et al., 2004, S.18). In ihrer umfassenden Definition eines Lernstils gehen Keefe & Ferrell (1990) davon aus, dass der bevorzugte Lernstil eines Menschen von beiden Seiten des Kontinuums beeinflusst wird, d.h. dass der Lernstil sowohl in der eigenen Persönlichkeit als auch in Abhängigkeit von der konkreten Lernumgebung bzw. dem konkreten Lerninhalt zu finden ist: „Learning style, thus, is a complexus of related characteristics in which the whole is greater than its parts. Learning style is a gestalt combining internal and external operations derived from the individual’s neurobiology, personality, and

development and reflected in learner behavior. Learning style in this model represents both inherited characteristics and environmental influences” (Keefe & Ferrell, 1990, S.59). Für die reflektierte Anwendung von Lernstilen in der Praxis erweist es sich deshalb als zielführend, potentielle Lernstile von Schüler*innen weder stigmatisierend als unveränderliche Schülereigenschaft wahrzunehmen und einzuordnen noch außer Acht zu lassen, dass ein grundsätzlich bevorzugtes Lernverhalten nicht unabhängig ist von dem konkreten Lerninhalt, den individuellen (Lern-)Voraussetzungen der Schüler*innen sowie von ihrem (situations- und kontextabhängigen) Interesse (vgl. auch Riener & Willingham, 2010).

Auf Grund der Komplexität des Lernstilkonstrukts bleibt die valide Erfassung des potentiellen Lernstils einer Schülerin bzw. eines Schülers schwierig und muss stets in Bezug auf mögliche Einflussfaktoren kritisch hinterfragt werden.

Ungeachtet der Tatsache, dass das Lernstilkonzept bzw. die Erfassung von Lernstilen nicht unumstritten sind, basiert die Idee von Lernstilen grundlegend auf der Annahme, dass Menschen unterschiedlich lernen. Auf den schulischen Kontext übertragen, geht es insbesondere darum, den Schüler*innen mögliche (Aneignungs-)Wege aufzuzeigen und ihnen somit überhaupt erst einen Zugang zum Lerninhalt zu ermöglichen. Mit Blick auf einen Chemieunterricht in heterogenen Lerngruppen und weiterführend mit Blick auf einen inklusiven Chemieunterricht gewinnt gerade ein differenzierender Lernzugang an Bedeutung, der den Schüler*innen verschiedene, v.a. mehrkanalige Möglichkeiten der Informationsaufnahme und -verarbeitung bereitstellt.

2.2 Das Lernstilkonzept nach Gregory

Auf der Grundlage einer qualitativen Metaanalyse verschiedener Lernstiltheorien identifiziert Gregory (2005) in ihrem Lernstilkonzept vier unterschiedliche Lernstile („Clipboards“, „Puppies“, „Beach Balls“ und „Microscopes“, vgl. Tab.2), die sie u.a. mit bestimmten Fähigkeiten sowie bevorzugten und herausfordernden Lern- und Arbeitsweisen assoziiert (Gregory, 2005, S.46ff.). Obwohl sie die Einteilung in unterschiedliche Lernstile vorrangig auf individuelle Schülerdispositionen („innate abilities“) zurückführt, denkt sie bei der Ermittlung individueller Lernstile von Schüler*innen aus der Perspektive eines differenzierenden Unterrichts heraus, der insbesondere Lehrenden Wege und Möglichkeiten aufzeigen soll, wie sie Schüler*innen zielführend in ihrem fachlichen Lernen unterstützen können: „Learning styles tell us how learner preferences relate to how

they acquire, process, and learn new information and skill“ (ebd., 2005, S.33). Bei der Orientierung an den bevorzugten Lernstilen von Schüler*innen geht es ihr aber weder darum, Schüler*innen zu etikettieren, noch darum, ausschließlich den ermittelten, favorisierten Lernstil einer Schülerin bzw. eines Schülers in jedem Unterricht zu adressieren.

„It’s not that we want to label students or identify their learning styles and then cater to those styles. It’s that we want to be aware of what all learners need and consider how we can build in differentiation for those needs in the classroom“ (ebd., 2005, S.42f.).

Vielmehr bettet sie die lernstilorientierte Differenzierung in das Gesamtkonzept der Differenzierung ein, die im Sinne der lern- und entwicklungspsychologischen Förderung und Forderung von Schüler*innen nicht nur eingesetzt werden sollte, sondern ebenso verlangt, dass sich die Lernenden auch andere, nicht bevorzugte Lernweisen aneignen müssen.

Griffhorn (2015) greift die Grundidee der Lernstile von Gregory auf und nutzt diese für die Gestaltung eines lernstilorientierten, differenzierenden Lernarrangements im Biologieunterricht zum Thema „Laktoseintoleranz“. Dafür fasst sie die wesentlichen Kriterien des jeweiligen Lernstils aus dem originalen Lernstilkonzept von Gregory knapp zusammen (vgl. Tab. 2).

Tabelle 2: Zusammenfassende Darstellung der vier Lernstile nach Gregory (2005), zusammengefasst und ins Deutsche übersetzt von Griffhorn (2015) (Griffhorn, 2015, S.218).

	Clipboards („Mastery Learners“)	Puppies („Interpersonal Learners“)	Beach Balls („Self-Expressive Learners“)	Microscopes („Analytical Learners“)
Fähigkeiten	präzise; strukturiert; extern motiviert; sachlich; detailliert; produkt-orientiert	sensibel; einfühlsam; personalisierend; anschaulich denkend; intuitiv vorgehend; zugänglich	experimentier- freudig; kreativ; unabhängig; spontan; neugierig; prozessorientiert	kritisch; fokussiert auf Lösungen; gründliche Lerner; analytisch; abstrakt denkend; eigenständige Recherche
bevorzugte Arbeits- situation/ Unterrichts- form	konkrete Beispiele; strukturierte Umgebung; vorhersagbare Situationen; Verfahrens- anleitung	kooperatives Lernen; konkurrenzlose Atmosphäre; visualisierende Medien; kommunikative Situationen	selbstbestimmt; problemorientiert; offene Aufgaben; praktische Arbeit; Wahlmöglichkeit	sicher fühlend; sachkundige Quellen; sorgfältige Untersuchungen; durch Vortrag lernend; Überprüfungen
Herausfor- derungen	eigene Ideen umsetzen; auf neue Situationen	Fristen einhalten; detailliert arbeiten; Emotionen	Zeitmanagement; Arbeit vollenden; Ideen anderer	Hypothetische Situationen; Gruppen-

	einlassen; Widersprüche wahrnehmen; das große Bild sehen; ohne Anweisungen zu arbeiten	kontrollieren; Sachtexte einbeziehen; Einzelarbeit	akzeptieren; Dokumentationen; Anweisungen erhalten	diskussionen; kreative Aufgaben; Ideen anderer annehmen
--	--	---	---	--

Die Namen der einzelnen Lernstile ergeben sich aus ihren jeweiligen Charakterisierungen und zeigen mitunter deutliche Unterschiede in den bevorzugten Arbeitsweisen. So lernen beispielsweise Puppies gerne in kooperativen Arbeitssituationen, während Microscopes von einer vortragenden Lehrweise profitieren (vgl. Tab. 2). Im Hinblick auf die bestmögliche Aneignungsweise von fachlichen Lerninhalten durch die Schüler*innen muss die Einteilung der Lernstile allerdings kritisch reflektiert werden: Zum Beispiel wird die bevorzugte Arbeitssituation „strukturierte Umgebung“ in diesem Lernstilkonzept einzig den Clipboards zugeordnet. Allerdings zeigen gerade auch Untersuchungen im Bereich des Classroom-Managements, dass alle Schüler*innen – unabhängig von ihrem diagnostizierten Lernstil – dann besonders gut und erfolgreich lernen, wenn der Unterricht und der Lerninhalt angemessen strukturiert werden (vgl. u.a. Brophy, 2006, Evertson & Emmer, 2009, Hattie, 2013). Ebenso stellen auch mehrkanalige sowie handlungs- und kontextorientierte Aufgabenstellungen – zum Beispiel unter Einbezug visualisierender Medien (Puppies) oder praktischer Arbeiten (Beach Balls) – gerade in den (experimentellen) Naturwissenschaften einen Mehrwert für die Lernmotivation, das Verständnis und in der Folge für den Lernerfolg aller Schüler*innen dar (vgl. u.a. Möller, 2004). Schließlich wird in der Einteilung der Lernstile nicht darauf eingegangen, dass ein bevorzugtes Arbeitsverhalten immer auch kontext-, situations- und themenabhängig ist (vgl. Riener & Willingham, 2010). Die Schwierigkeit, mit Hilfe verallgemeinerter und kontextunabhängiger Aussagen zu einem Lernstil zugeordnet zu werden, findet sich ebenfalls in der Erfassung des potentiell bevorzugten Lernstils wieder. Gregory (2005) und Griffhorn (2015) schlagen zur Ermittlung und Analyse des persönlichen Lernstils einen Selbsttest vor, deren Ergebnisse nach der Durchführung mit den Schüler*innen diskutiert und reflektiert werden müssen. Der bei Griffhorn (2015) eingesetzte Fragebogen besteht aus 32 kontextunabhängigen Aussagen, die die Schüler*innen mit Hilfe der Vergabe von Punkten (2 Punkte: Die Aussage trifft voll zu, 1 Punkt: Die Aussage trifft teilweise zu; 0 Punkte: Die Aussage trifft gar nicht zu) individuell bewerten sollen (vgl. Abb. 1). Die Aussagen selbst sind auf Grundlage der in Tab. 2 dargestellten Fähigkeiten der einzelnen Lernstile entwickelt und können so einem bestimmten Lernstil zugeordnet werden. So wird

zum Beispiel die Aussage „Ich experimentiere gerne“ den Beach Balls mit der Fähigkeit „experimentierfreudig“ zugeordnet. Die Punktevergabe ermöglicht – im Gegensatz zu Entscheidungsfragen (Ja/Nein) – Abstufungen in den einzelnen Aussagen, sodass die Schüler*innen auf diese Weise die Möglichkeit erhalten, differenzierter antworten zu können. Nach Beendigung der Punktevergabe tragen die Schüler*innen ihre erreichte Punktzahl in den jeweiligen Lernstilen auf einem Kreuzdiagramm ein und erhalten einen visuellen Überblick über ihren bevorzugten Lernstil (vgl. Abb. 1).

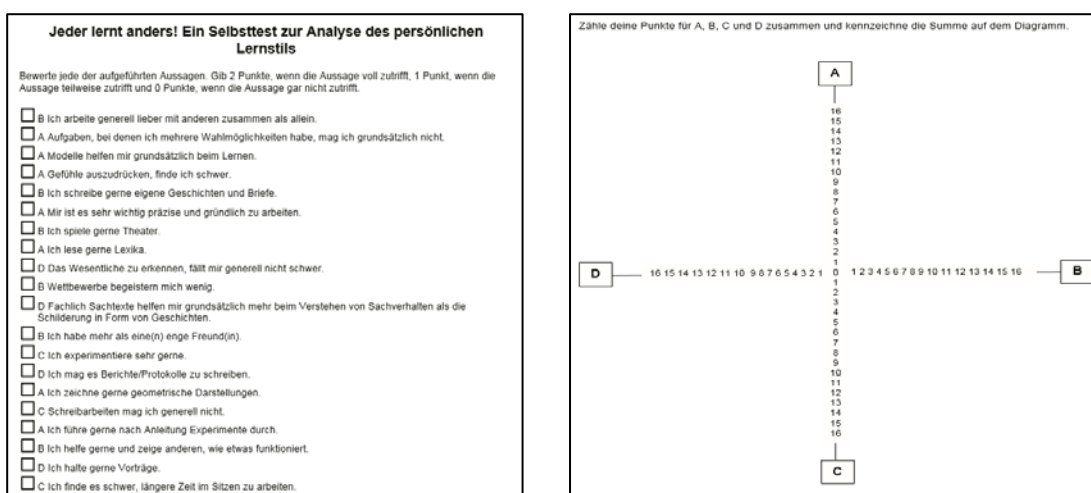


Abbildung 1: Auszug aus dem Selbsttest zur Erhebung des persönlichen Lernstils und Auswertungsdigramm (aus Griffhorn, 2015).

Im Anschluss an die Erfassung des persönlichen Lernstils erhalten die Schüler*innen zusammenfassende Informationen zu den vier Lernstilen, in denen die Stärken und Herausforderungen sowie einige Lerntipps aufgeführt werden und ihnen so Anlass zur Selbstreflexion geben (vgl. Griffhorn, 2015). Die kurze Darlegung der Erfassung des Lernstils hebt bereits die Bedeutung der (Selbst-) Reflexion durch den Lehrenden und die Schüler*innen sowie die inhaltliche Einbettung der Ergebnisse in den Kontext des Chemieunterrichts hervor, damit der Einsatz der lernstilorientierten Differenzierung ihr Potential als eine mögliche Form der Bearbeitungsdifferenzierung für den Chemieunterricht entfalten kann.

Trotz der Schwierigkeiten in der Erhebung und damit letztlich in der grundsätzlichen Aussagekraft des Lernstilkonzepts berichtet Griffhorn (2015) von positiven und für die Schüler*innen gewinnbringenden Lernerfahrungen auf Grund der Bereitstellung lernstilorientierter Lerneinheiten. Schließlich geht es bei dem reflektierten Einsatz solcher Lernarrangements, die grundsätzlich unterschiedliche Lernzugänge und -wege für die Schüler*innen eröffnen, vor allem um ein schülerorientiertes Vorgehen, das die

individuellen Bedürfnisse und Voraussetzungen der Lernenden angemessen zu berücksichtigen und auf diese Weise sukzessive den Lernerfolg zu ebnen vermag.

3 Konzeption und Evaluation eines lernstilorientierten Lernarrangements zum Thema „Spannungsquellen in Alltag und Technik: Batterien“

Die lernstilorientierte Differenzierung bzw. die Differenzierung nach Lernstilen wird, trotz der beschriebenen Schwierigkeiten (vgl. Kap. 2), in einschlägigen Handbüchern für Lehrer*innen immer noch als eine klassische Möglichkeit der Differenzierung dargestellt (u.a. Bönsch, 2009; Paradies & Linser 2001). Dies ist insofern verständlich, als dass es Folgendes zu bedenken gilt: Wenn der Begriff und damit das Konzept der Lernstile als Lernpräferenzen verstanden werden, die sich kontextabhängig (trotz ggf. existierender Lernvorlieben) durchaus verändern können, und der Einsatz der lernstilorientierten Differenzierung reflektiert, nicht stigmatisierend und themenangemessen erfolgt, dann besitzt das Konzept schon allein durch die Bereitstellung verschiedener, mehrkanaliger und abwechslungsreicher Zugänge zum Lerninhalt ein nicht zu unterschätzendes Potential für die Schüler*innen.

Aus diesem Grund stellt sich die Frage, ob und wie eine lernstilorientierte Differenzierung auf den Chemieunterricht übertragbar ist und welchen Einfluss ein solches Lernarrangement auf das fachliche Lernen und Verstehen chemischer Inhalte von Schüler*innen hat.

3.1 Zur Konzeption eines lernstilorientierten Lernarrangements im Chemieunterricht

Der Konzeption des lernstilorientierten Lernarrangements im Chemieunterricht wurden die allgemeinen Beschreibungen der vier Lernstile nach Grifffhorn (vgl. Tab. 2) zugrundegelegt. Im Rahmen der partizipativen Aktionsforschung wurde in einer Expertenrunde (1 Chemielehrkraft, 1 Hochschullehrerin, 22 Masterstudierende des Lehramts für Gymnasien und Gesamtschulen) zunächst überlegt, welche Lerneinheit aus dem Curriculum das Potential besitzt, als übergeordneter fachlich-inhaltlicher Bezugsrahmen lernstilorientiert differenziert zu werden. Entsprechend der Zielsetzung des Projekts soll auch evaluiert werden, wie die teilnehmenden Schüler*innen ihren

Lernprozess und Lernertrag durch den Einsatz eines lernstilorientierten Lernarrangements einschätzen. Deshalb findet die Untersuchung im Kontext des Oberstufenunterrichts statt. Es kann davon ausgegangen werden, dass Oberstufenschüler*innen auf Grund ihres Alters und ihrer längeren Lernerfahrung angemessener über ihr eigenes Lernverhalten reflektieren können als Schüler*innen der Mittelstufe. Mit Blick sowohl auf die praktische Durchführbarkeit als auch auf die forschungsmethodische Begleitung ist das im IHF 3 „Elektrochemie“ der gymnasialen Oberstufe verankerte Themenfeld „Spannungsquellen in Alltag und Technik: Batterien“ geeignet, entsprechend lernstilorientiert adaptiert zu werden. In Anlehnung an den Kernlehrplan für die Sekundarstufe II an Gymnasien und Gesamtschulen NRW sollen die Schüler*innen der Qualifikationsphase im IHF 3 fachliche Kompetenzen erwerben in Bezug auf „[...] Aufbau und Funktion elektrochemischer Spannungsquellen aus Alltag und Technik (Batterie, Akkumulator, Brennstoffzelle) unter Zuhilfenahme grundlegender Aspekte galvanischer Zellen (u. a. Zuordnung der Pole, elektrochemische Redoxreaktion, Trennung der Halbzellen) (UF4)“ (vgl. MSW, 2014, S.33). Die Eingrenzung der lernstilorientierten Lernarrangements auf den inhaltlichen Schwerpunkt „Batterien“ (Primärzellen, nicht umkehrbare Redoxreaktionen) liegt darin begründet, dass das Prinzip der Akkumulatoren (Sekundärzellen, umkehrbare Redoxreaktionen) und der Brennstoffzellen (Wasserstoff-Sauerstoff-Zelle, in der die Reaktionspartner von außen zugeführt werden) zusätzliche fachliche Aspekte beinhaltet, die dann zu schwer vergleichbaren fachlichen Ergebnissen der Schüler*innen führen können.

Entsprechend der vier möglichen Lernstile wurden schließlich vier Lerneinheiten entwickelt, die unterschiedliche Batterietypen in den Blick nehmen.

Bei der Konzeption der jeweiligen Aufgabenstellungen in den vier Lerneinheiten wurde der Schwerpunkt gelegt auf diejenigen bevorzugten Lern- und Arbeitsweisen, die sich im Expertengespräch sowohl für die Lerngruppe als auch für den Inhalt als zielführend und umsetzbar erwiesen. Im Gegensatz zu den angeborenen Fähigkeiten, die im learning style inventory von Gregory (2005) ebenfalls aufgeführt werden, können (bevorzugte und/oder herausfordernde) Lern- und Arbeitsweisen eher erfasst werden, da sie für die Schüler*innen erfahrbar und damit einschätzbar sind. Darüber hinaus sollten die Lernarrangements im Sinne der positiven Differenzierung (Bearbeitungsdifferenzierung) (Bönsch, 2009) gestaltet werden und nicht durch unterschiedlich schwierige Aufgabenstellungen zwischen den vier Lerneinheiten (negative Differenzierung) gekennzeichnet sein.

Im Rahmen der partizipativen Aktionsforschung wurde das konzipierte Lernarrangement in einem Oberstufenkurs im Hinblick auf seine grundsätzliche Umsetzbarkeit (Passung Lerninhalt und Lernstil) sowie auf potentiell auftretende (Verständnis-)Schwierigkeiten seitens der Schüler*innen pilotiert. Mit Hilfe der gewonnenen (unterrichtspraktischen) Erfahrungen wurde das lernstilorientierte Lernarrangement dann in der Expertenrunde kritisch reflektiert und schließlich in einem iterativen Vorgehen überarbeitet. In Tabelle 3 sind die endgültigen vier Aufgabenstellungen sowie deren Zuordnung zu dem jeweiligen Lernstil dargestellt.

Tabelle 3: Überblick über das gesamte lernstilorientierte Lernarrangement mit Zuordnungen zu dem jeweiligen Lernstil.

Lernstil	Puppies	Microscopes
Aufgabenstellung	<p>Lerneinheit 1:</p> <p>Das Leclanché-Element – die erste Trockenbatterie</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Besprich in deiner Gruppe, wie die Leclanché-Batterie aufgebaut ist und welche Reaktionen ablaufen. Nutze hierfür unter Verwendung der Fachbegriffe die oben dargestellte Skizze! 2. Ein Reporter fragt dich, warum du einen Zinkbecher statt eines Zinkstabes verwendet hast und warum du am Pluspol zum Mangandioxid Graphit zugesetzt hast. Begründe deine Maßnahme in Form eines kurz skizzierten Interviews innerhalb deiner Gruppe! 3. Stelle dir vor, du wärest Leclanché und müsstest auf der Weltausstellung im Jahr 1867 dem Pariser Publikum in einer emotionalen Rede deine herausragende Erfindung vorstellen! Schreibe diese Rede! 	<p>Lerneinheit 2:</p> <p>Die Alkali-Mangan-Zelle: mehr Leistung und Sicherheit</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Recherchiere im Internet und in den ausliegenden Büchern folgende Aspekte zur Alkali-Mangan-Batterie: <ol style="list-style-type: none"> a. Vergleich zur Zink-Kohle-Batterie (Aufbau, sowie Vor- und Nachteile) b. Verwendung c. Entsorgung und damit verbundene Gefahren 2. Fasse deine Ergebnisse in einem Kurzvortrag zusammen. Diesen wirst du dann mit Hilfe der Kugellager-Methode mind. 2 Mitschülern vortragen. Erkläre dabei auch das unterschiedliche Betriebsverhalten der beiden Batterien! 3. Visualisiere einen weiteren Batterietypen, indem du ein Lemplakat erstellst. Berücksichtige dabei die Aspekte: <i>Aufbau und Funktion, sowie Teil- und Gesamtreaktionsgleichung, Nennspannung, technische und Umweltaspekte</i>
Lernstil	Beach Balls	Clipboards
Aufgabenstellung	<p>Lerneinheit 3:</p> <p>Die Voltasche Säule – eine der bedeutendsten Erfindungen</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. EXP: Baue eine Batterie zu Zeiten Alessandro Volta – Aber wie? Plant und führt ein Experiment mit dem euch zur Verfügung stehenden Material durch. Folgende Geräte und Materialien stehen bereit: Kaliumnitrat (O), Aluminiumfolie, 20 Kupfermünzen (2-Pfennig-Stücke), destilliertes Wasser, Kabelmaterial, Voltmeter, Schere, Rundfilter (d = 1 cm), Tropfpipette, Becherglas (100 ml). Haltet zunächst eure Vorgehensweise fest und stellt sie eurem Lehrer vor. Erst dann dürft ihr loslegen! <ol style="list-style-type: none"> a. Wenn ihr Spannung messen könnt, überlegt euch wie ihr die Spannung erhöhen könnt! b. Dokumentiert euer Ergebnis und haltet eure Volta-Säule in Form eines Fotos für die Ewigkeit fest! 	<p>Lerneinheit 4:</p> <p>Kartoffel-Strom – Herstellung einer Kartoffelbatterie</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Führe das unten stehende Experiment durch und halte deine Beobachtungen fest! <p>Material und Chemikalien:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ ein oder zwei Kartoffeln ▪ ein Stück Kupferblech und ein Stück Zinkblech (oder verzinktes Eisenblech) ▪ Krokodilklemmen und Elektrokabel ▪ ein Messer ▪ eine empfindliche Leuchtdiode (2 mA) <p>Durchführung:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Halbiere zwei Kartoffeln. ▪ Stecke sowohl ein Kupferblech als auch ein Zinkblech in jede Kartoffelhälfte. ▪ Verbinde die Bleche untereinander mit den Elektrokabeln. Achte darauf, dass die Bleche abwechselnd miteinander verbunden werden. ▪ Am Ende wird die LED-Leuchte mit den äußersten Kabeln verbunden. <p>Sicherheit: Schutzbrille tragen!</p>

3.2 Zielsetzung und Untersuchungsdesign

Das übergeordnete Ziel der Untersuchung ist es, zu evaluieren, ob und inwiefern ein lernstilorientiertes Lernarrangement auch für den Chemieunterricht konzipiert werden kann und inwiefern dessen Einsatz sowohl den Lernprozess als auch den Lernerfolg der teilnehmenden Schüler*innen positiv beeinflussen kann. Daraus ergibt sich folgende Forschungsfrage:

*Inwiefern beeinflussen unterschiedliche Lernzugänge im Sinne der lernstilorientierten Differenzierung das Lernen und Verstehen der Schüler*innen von elektrochemischen Spannungsquellen (Batterien)?*

Die gesamte Untersuchung ist in ein qualitatives Untersuchungsdesign eingebettet (vgl. Abb. 2).

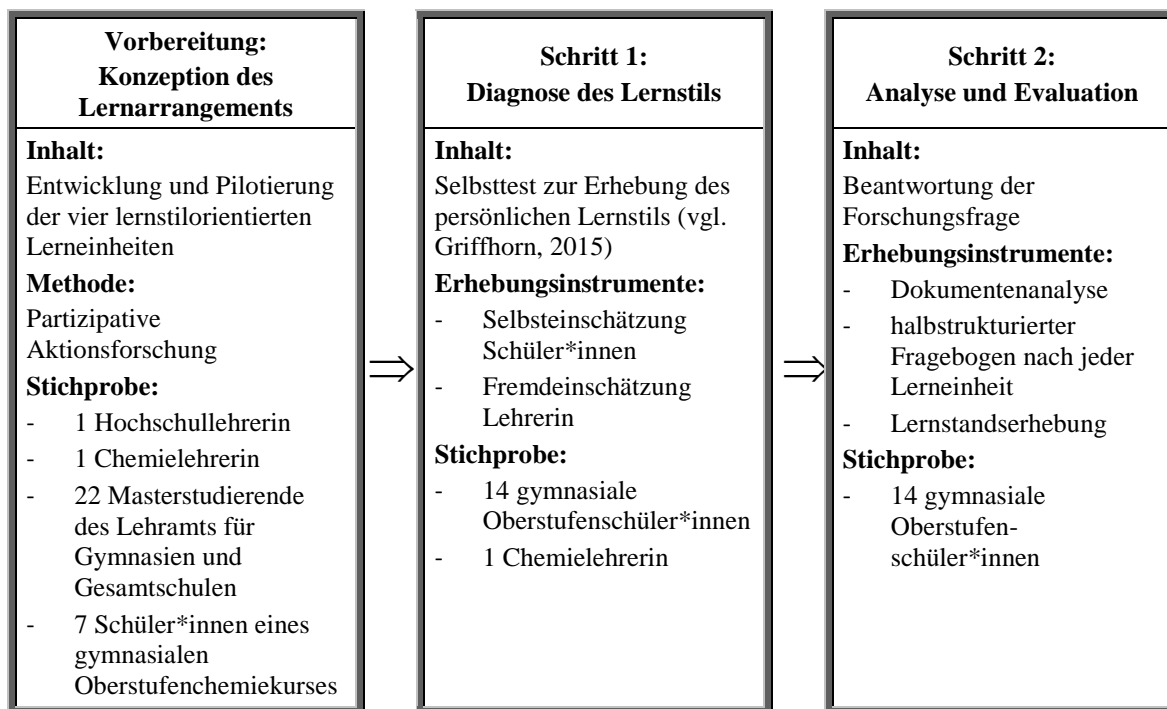


Abbildung 2: Übersicht über das Untersuchungsdesign.

Nachdem das Lernarrangement bzw. die vier Lerneinheiten konzipiert und pilotiert wurden (vgl. Kap. 3.1), erfolgte die Untersuchung in einem parallelen Oberstufenkurs mit 14 Schüler*innen. In einem ersten Schritt ermittelten die Schüler*innen ihren individuellen Lernstil, dessen Ergebnisse die Schüler*innen untereinander diskutierten und reflektierten. Da insbesondere die Lernstildiagnose nicht unumstritten ist und, um deshalb die Aussagekraft der Selbsteinschätzungen zu erhöhen, wurde die Chemielehrerin des Kurses gebeten, anhand der Ergebnisse ihrer Schüler*innen einzuschätzen, ob der ermittelte

bevorzugte Lernstil mit ihren Erfahrungen über die bevorzugten und herausfordernden Lern- und Arbeitsweisen der Schüler*innen übereinstimmt (Schritt 1). Um die Forschungsfrage umfassend beantworten zu können, wurden die vier Lerneinheiten dann als Stationenlernen in vier Unterrichtsstunden durchgeführt. Dabei durchliefen die Schüler*innen unabhängig von ihrem ermittelten bevorzugten Lernstil alle Stationen bzw. Lerneinheiten, die sie im Anschluss an deren Bearbeitung mit Hilfe eines halbstrukturierten Fragebogens im Hinblick auf ihren Lernertrag und im Hinblick auf die Art und Weise des Lernens bewerteten. Die Schüler*innen bearbeiten nicht allein nur diejenige Lerneinheit, die in der Art und Weise der Aufgabenstellung ihrem ermittelten bevorzugten Lernstil entsprach. Damit ist sichergestellt, dass auf diese Weise umfassendere und vergleichende Aussagen über die tatsächliche Wirkung der lernstilorientierten Differenzierung gemacht werden können. Nachdem alle Schüler*innen alle Lerneinheiten durchgeführt hatten, wurde mit Hilfe einer Lernstandserhebung, die Fragen zu allen vier Batterietypen beinhaltet, weiterführend versucht, den individuell eingeschätzten Lernertrag aus dem Fragebogen objektiver zu erfassen (Schritt 2).

4 Ergebnisse und Diskussion

Um die gewonnenen Ergebnisse angemessen darstellen und die Forschungsfrage abschließend beantworten zu können, werden im Folgenden die Ergebnisse aus den beiden Untersuchungsschritten zunächst getrennt voneinander dargestellt und diskutiert.

4.1 Diagnose des Lernstils

Die Ergebnisse der Lernstildiagnose zeigen, dass jeder der vier Lernstile mindestens durch zwei Schüler*innen vertreten ist (vgl. Abb. 3, grünes Häkchen).

Während die erfragte Art und Weise des Lernens und Arbeitens des Lernstils „Beach Balls“ bei den teilnehmenden Schüler*innen im Durchschnitt niedrig abschneidet ($M=6$), erzielt die Art und Weise des Lernens und Arbeitens bei den anderen drei Lernstilen einen vergleichbar hohen Wert ($M=8,5$ bzw. 9). In der Auswertung und Analyse der Ergebnisse der individuellen Schüler*innen fällt auf, dass einige Schüler*innen mehr als einen Lernstil präferieren (z.B. Kathy). Darüber hinaus gibt es auch Schüler*innen, die in allen Lernstilen einen ähnlichen Wert erreichen (z.B. Harry), wodurch präzise Aussagen zu einem

bevorzugten Lernstil erschwert werden. Obwohl die Fremdeinschätzungen durch die Chemielehrerin die Selbsteinschätzungen ihrer Schüler*innen durchaus bestätigen (Z.B. „Bei Leo passen beide Lernstile [Beach Balls und Microscopes] sehr gut. Leo mag es, Sachen selbst auszuprobieren und eigene Gedanken umzusetzen [Beach Balls]. Gleichzeitig denkt er aber auch sehr

	LE 1: Puppies	LE 2: Microscopes	LE 3: BeachBalls	LE 4: Clipboards
Kathy	7	11	4	12
Yasmin	10	6	8	8
Harry	6	7	7	9
Zacharias	4	6	12	9
Jessica	8	9	5	10
Leo	9	11	11	8
Tessa	9	10	6	12
Charlotte	9	9	5	7
David	10	10	6	8
Max	7	8	8	8
Dylan	6	7	7	11
Mia	12	7	5	8
Barbara	9	10	3	8
Edward	7	11	6	9
Median	8,5	9	6	8,5
Modus	9	11	5	8

Abbildung 3: Ergebnisse der Lernstildiagnose (Namen anonymisiert).

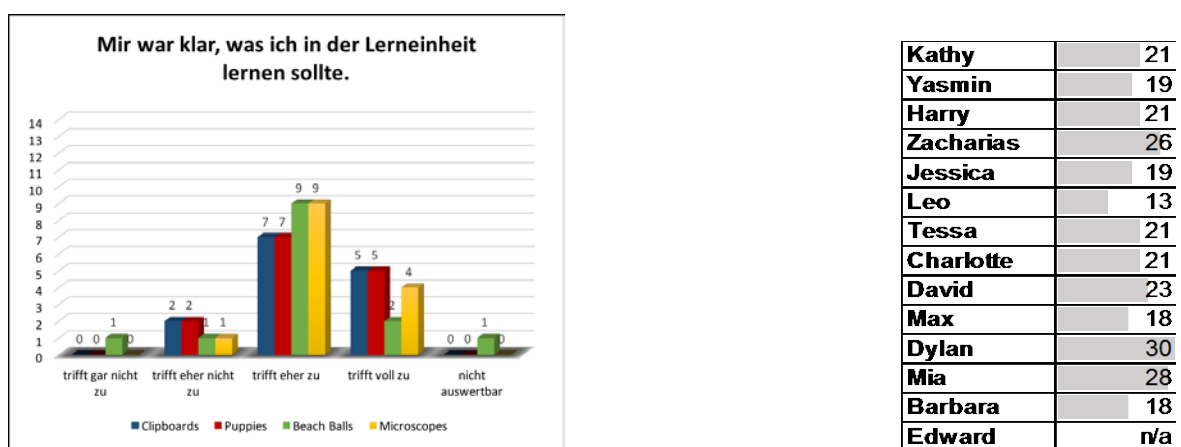
analytisch und ist ein sehr guter Schüler in Chemie, der freiwillig an naturwissenschaftlichen Wettbewerben teilnimmt [Microscopes]“), decken die Ergebnisse aus der Lernstildiagnose die grundsätzlichen Schwierigkeiten ihrer validen Aussagekraft deutlich auf (vgl. Kap. 2.1). Da die Items des Selbsttests kontextunabhängig erstellt und auf Grund eines fehlenden einheitlichen theoretischen Konstrukts in ihrer Reliabilität nicht überprüfbar sind, können die gewonnenen Ergebnisse nur Anhaltspunkte für Lehrende darstellen, die sie stets reflektieren müssen. Zudem werfen diese Ergebnisse auch die grundlegende Frage auf, ob ein bevorzugter Lernstil, dessen Ermittlung sich insbesondere auf die kontextunabhängigen Schülerdispositionen bezieht, überhaupt existiert (vgl. Riener & Willingham, 2010).

4.2 Analyse und Evaluation der Wirkung der lernstilorientierten Differenzierung

Die Ergebnisse aus den halbstrukturierten Fragebögen variieren entsprechend der Heterogenität der teilnehmenden Schüler*innen. Dementsprechend zeigen die individuellen Analysen, dass ein präferierter Lernstil der Schüler*innen, der in der Lernstildiagnose erhoben wurde, mehr oder weniger in einer positiven Bewertung über die bevorzugten Lern- und Arbeitsweisen durch die Schüler*innen nach der Bearbeitung der jeweiligen Lerneinheit mündet. Nichtsdestotrotz können im Rahmen einer zusammenfassenden Analyse deutliche Tendenzen festgestellt werden. Die qualitativ ermittelten Tendenzen beziehen sich zum einen auf den Lernertrag und zum anderen auf die Art und Weise des Lernens und Arbeitens.

4.2.1 Analyse des Lernertrags

Insgesamt schätzten die Schüler*innen fünf Items zum Lernertrag mit Hilfe einer vierstufigen Likertskala ein. Darüber hinaus wurden offene Fragen zu ihrem selbsteingeschätzten Lernertrag gestellt (u.a. „Nenne kurz die Kernpunkte dieser Lerneinheit!“). Auf Grund der enormen Datenmenge sollen im Folgenden nur die zur Beantwortung der Forschungsfrage aussagekräftigsten Ergebnisse dargestellt werden. Abbildung 4 stellt beispielhaft die Ergebnisse aus dem Item „Mir war klar, was ich heute lernen sollte“ zusammengefasst dar (vgl. Abb. 4).



*Abbildung 4: Einschätzungen der Schüler*innen zu ihrem Lernertrag und Ergebnis der Lernstandserhebung (maximal zu erreichende Punktzahl: 32).*

Die Selbsteinschätzung der Schüler*innen zu den jeweiligen Lerninhalten kann grundsätzlich positiv hervorgehoben werden. Diese Ergebnisse decken sich ebenfalls mit dem erfolgreichen Abschneiden der Schüler*innen in der Lernstandserhebung (vgl. Abb. 4). Unabhängig von der unterschiedlichen Art und Weise des Lernens und Arbeitens innerhalb der einzelnen Lerneinheiten kann festgestellt werden, dass die Schüler*innen den jeweils spezifischen Lerninhalt grundsätzlich verstanden haben und anwenden können (vgl. auch Abb. 5).

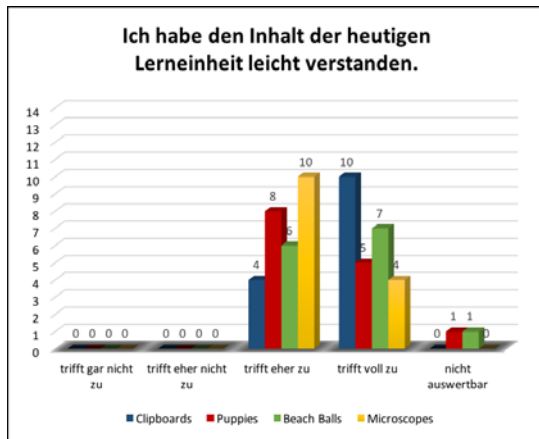


Abbildung 5: Ergebnis zu dem Item nach dem Verständnis in den jeweiligen Lerneinheiten.

Obwohl die Schüler*innen in der Lerneinheit 1 (Leclanché Element, Lernstil „Puppies“) fachlich am meisten Punkte erzielen konnten (richtige Antworten: 86,92%), geben sie in der Mehrheit an, dass sie die Lerneinheit 4 (Kartoffelbatterie, Lernstil „Clipboards“) thematisch am interessantesten gefunden haben. Dieses Ergebnis lässt den Schluss zu, dass der Lernertrag und das Interesse an einem Thema nicht zwangsweise abhängig von der Art und Weise des Lernens sein muss bzw. eine bevorzugte Lern- und Arbeitsweise nicht kontext- und inhaltsunabhängig ist.

4.2.2 Analyse der Art und Weise des Lernens

Um Aussagen der Schüler*innen zu der Art und Weise des Lernens und Arbeitens kontextbezogen und unabhängig von der Lernstildiagnose zu erheben, schätzten die Schüler*innen sowohl mit geschlossenen als auch mit offenen Fragen die entsprechende Lerneinheit ein. Die geschlossenen Fragen wurden ebenfalls mit Hilfe einer vierstufigen Likertskala erhoben und waren unterteilt in zwei kontextunabhängige Items („Die Art und Weise, wie wir heute gearbeitet haben, hat mir gefallen“ und „Mir war klar, wie ich in der Lerneinheit arbeiten sollte“) und jeweils fünf kontext- bzw. lernstilabhängigen Items, die sowohl im Hinblick auf den spezifischen Inhalt als auch auf die Charakteristika des jeweiligen Lernstils konzipiert wurden. In den offenen Fragen wurde explizit danach gefragt, was den Schüler*innen an der Art und Weise der Lerneinheit besonders gefallen hat und was für sie eine besondere Herausforderung darstellte.

Grundsätzlich geben die Schüler*innen in allen Lerneinheiten an, dass sie positive Erfahrungen mit der Art und Weise des Lernens gemacht haben (vgl. Abb. 6). Die Bewertung der Schüler*innen unterscheidet sich lediglich in der Lerneinheit 1 (Lernstil

„Puppies“), da hier die größte Varianz auftritt. Dies ist insofern ein interessantes Ergebnis, als dass es genau die Lerneinheit darstellt, in der die Schüler*innen in der Lernstandserhebung fachlich am besten abschneiden (vgl. Kap. 4.2.1). Darüber hinaus könnte eine mögliche Erklärung sein, dass diese Lerneinheit eine für den naturwissenschaftlichen Unterricht eher untypische Lern- und Arbeitsweise beinhaltet (Edward: *„Eine emotionale Rede ist mir zu weit vom Fach und vom naturwissenschaftlichen Aspekt entfernt“*).

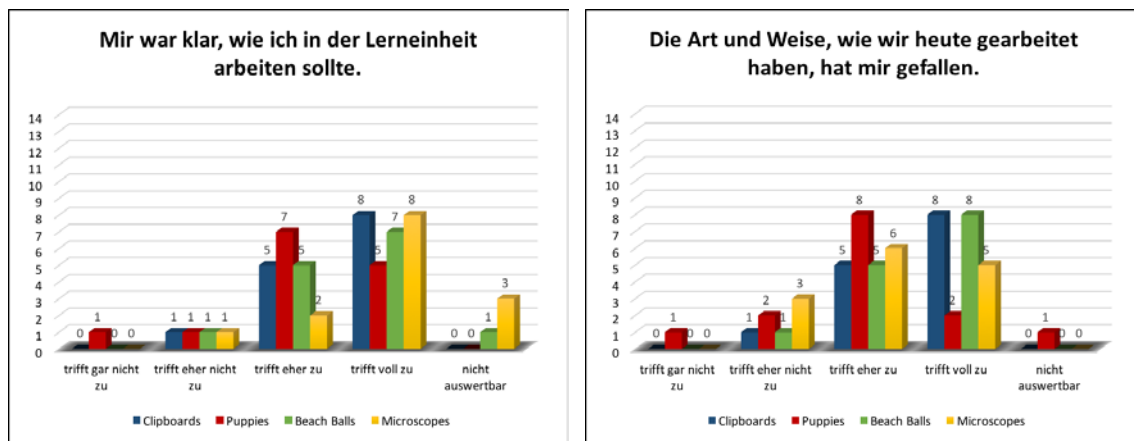


Abbildung 6: Ergebnis der beiden verallgemeinerten Items zu der Art und Weise des Lernens in den jeweiligen Lerneinheiten.

Weiterhin fällt auf, dass die Schüler*innen insbesondere die beiden Lerneinheiten positiv bewerten, in denen sie die Möglichkeit erhielten, selbständig ein Experiment durchzuführen (Lerneinheiten zu den Lernstilen „Beach Balls“ und „Clipboards“; Charlotte: *„Experimente sind immer gut! Besonders auch zur Veranschaulichung. Durch das Visualisieren des Gelernten fällt es einem leichter, dies zu verstehen“*). Im Gegensatz dazu wird die sehr theoretische Herangehensweise im Lernstil „Microscopes“ von den Schüler*innen am wenigsten präferiert (Leo: *„Ich fand es nicht so gut, das [sic] wir so viel mit dem Internet gearbeitet und in Büchern nachschauen mussten, um den Inhalt zu verstehen [...]“*). Auch diese beiden Ergebnisse zeigen, dass die Bewertung der Schüler*innen von ihrer individuellen Lernstildiagnose abweichen, wenn die lernstilorientierte Differenzierung inhaltlich und methodisch im Fachunterricht konkretisiert wird. So zeigen die offenen Antworten der Schüler*innen, dass das offene Experimentieren und die historische Einbettung des Lerninhalts in der Lerneinheit „Beach Balls“ sowie der alltagsnahe Kontext der Kartoffel in der strukturierten Lerneinheit „Clipboards“ von den Schüler*innen als besonders positiv bzw. erkenntnisreich hervorgehoben wurden (Lerneinheit „Beach Balls“: *„ein Experiment selbstständig zu*

planen -> es hat sehr viel Spaß gemacht, aber es war auch schwierig“ (Yasmin), „Man ist selbst sozusagen den Weg, den Volta damals gegangen ist, nachgegangen und man hat versucht, das bereits vorhandene Wissen umzusetzen“ (Tessa) oder „Das selbstständige Experimentieren ohne Vorgaben, was wohl realitätsnaher ist. Eigentlich gut, aber es kann auch zu Schwierigkeiten kommen [...]. Es ermöglicht jedoch, die Weiten des Themas zu erfassen und einfach mal Dinge mittels eigenem Vorwissen auszuprobieren“ (Mia); Lerneinheit „Clipboards“: „ein spaßiges, interessantes Element (Kartoffelbatterie) in Kombination mit der Recherche (Klimaschutz)“ (Harry) oder „Kartoffeln können als Batterien fungieren, weil Kartoffelsaft als Elektrolyt fungieren kann. Ist zwar interessant, aber eventuell nicht direkt alltagstauglich (vielleicht jedoch die alleinige Erkenntnis, um weiter zu denken. Etwas, wie eine Kartoffel, die man in der Chemiesammlung nicht als Versuchskemikalie erwartet, zum Versuchsgegenstand zu machen, um festzustellen, dass Chemie nicht nur im Chemieraum und -sammlung zu finden ist, sondern auch außerhalb“ (Dylan)).

Die Aussagen der Schüler*innen machen darüber hinaus deutlich, dass es stets auch zu diskutieren gilt, welchen Einfluss das individuelle Vorwissen der Schüler*innen und ihre Vorerfahrungen sowie ihr Interesse an dem jeweiligen Lerninhalt auf die Evaluation der einzelnen Lerneinheiten haben.

5 Konsequenzen

Der kurze Auszug aus den Ergebnissen zeigt, wie die teilnehmenden Schüler*innen die Lerneinheiten sowohl inhaltlich als auch in Bezug auf die unterschiedlichen Lern- und Arbeitsweisen erfahren und bewerten. Obwohl keine stringenten Aussagen im Hinblick auf die spezifische Wirksamkeit der Ermittlung und Passung von individuellen Lernstilen und Lerninhalt gemacht werden können, so zeigt sich doch, dass die gesamte Intervention eine grundsätzlich positive Wirkung auf die Schüler*innen hat. Ein variierendes Vorgehen in der Bearbeitung von Lerninhalten fördert die Selbstkompetenz von Schüler*innen, sich in verschiedenen Lernarrangements motiviert und aktiv mit den spezifischen Lerninhalten auseinanderzusetzen. Da die Selbstkompetenz von Schüler*innen eine wesentliche Voraussetzung für die Entwicklung fachspezifischer Kompetenzen darstellt (vgl. Doll & Sauerhering, 2014; Solzbacher, 2014), kann sich die lernstilorientierte Differenzierung im

Chemieunterricht positiv auf den (individuellen) Zugang zum Lerninhalt, das Verständnis und die Bewertung der einzelnen Lerneinheiten auswirken.

Der Vergleich zwischen den Ergebnissen aus der Lernstildiagnose (Schritt 1) und den Ergebnissen aus den halbstrukturierten Fragebögen verdeutlicht aber auch, dass die Ermittlung der bevorzugten Lern- und Arbeitsweisen nicht unabhängig vom konkreten chemischen Inhalt ist. Auch Riener und Willingham (2010) weisen darauf hin, dass eine Person nicht in der Lage ist, ihren präferierten Lernstil ohne das Wissen um den konkreten Lerninhalt zu bestimmen. Vielmehr spielen individuelle Fähigkeiten und Fertigkeiten, Interessen und Vorwissen eine entscheidende Rolle und beeinflussen das Lernen von Schüler*innen deutlich (vgl. Riener & Willingham, 2010). Diese Feststellung wird im Rahmen dieser Untersuchung und am Beispiel der Lerneinheit 3 mit dem Lernstil „Beach Balls“ deutlich bestätigt: Während die Lernweise im Lernstil Beach Balls in der Lernstildiagnose von den Schüler*innen am wenigsten präferiert wurde, änderte sich ihre Bewertung nach der Durchführung der Lerneinheit (vgl. Abb. 6). So geben die Schüler*innen in den offenen Fragen mehrheitlich an, dass ihnen insbesondere das selbständige Planen und Experimentieren besonders gefallen hat („*Selbständiges Planen des Experiments*“, „*Eigenständiges Experimentieren*“ oder „*selbständig Experimente aufbauen*“). Die ebenfalls positive Bewertung der Lerneinheit zum Lernstil „Clipboards“ zeigt darüber hinaus, dass neben dem Experimentiereinsatz im naturwissenschaftlichen Unterricht auch eine strukturierte Lernumgebung deutlich zur Lernmotivation und schließlich zum Lernerfolg der Schüler*innen beiträgt (vgl. Kap. 2.2).

In diesem Sinne kann die Forschungsfrage wie folgt beantwortet werden: Die Gestaltung von Lernarrangements im Sinne der lernstilorientierten Differenzierung ist auch für den Chemieunterricht möglich und bietet den heterogenen Schüler*innen grundsätzlich einen mehrkanaligen und damit einen vielfältigen Lernzugang, der in einem motivierenden Lernprozess und in der Folge in einem angemessenen Lernerfolg mündet. Allerdings zeigen die Ergebnisse auch, dass der Einfluss anderer Faktoren (wie Vorwissen, Interesse und individuelle Schülerdispositionen) eine nicht unerhebliche Auswirkung auf das Lernen und das Verständnis der Schüler*innen vom spezifischen Lerninhalt hat. Aus diesem Grund und weil die Gestaltung und Durchführung solcher Lernarrangements zumindest keinen Nachteil für die Schüler*innen darstellen, ist es durchaus sinnvoll, im Chemieunterricht unterschiedliche Lernzugänge für die Schüler*innen bereitzustellen. Nichtsdestotrotz dürfen im Hinblick auf die mangelnde Aussagekraft der Lernstildiagnosen keine festen, etikettierenden Einteilungen von Schüler*innen zu einem spezifischen

Lernarrangement erfolgen. Vielmehr muss es im Sinne des Förderns und Forderns darum gehen, dass sich die Schüler*innen mit verschiedenen Lernzugängen aktiv auseinandersetzen und ihre Lernwege auch im Sinne einer Metareflexion überdenken, um für sich die bestmöglichen und kontextabhängigen Lernweise für ihr zukünftiges Lernen abzuleiten (vgl. auch Groß, 2013; Solzbacher, 2014).

Obwohl grundsätzlich nicht alle Differenzierungsmaßnahmen für alle Schüler*innen passend sein können, zeigen die Ergebnisse schließlich, dass das Lernarrangement, das im Sinne der positiven inneren Differenzierung (Bearbeitungsdifferenzierung) gestaltet wurde, eine förderliche Wirkung auf das Lernen, die Art und Weise des Arbeitens und vor allem auf die Motivation der Schüler*innen hat: *„Insgesamt hatten alle Stationen auf ihre Art und Weise etwas interessantes [sic], wodurch ich es als angenehm empfand, diese zu bearbeiten. Die verschiedenen Arbeitsaufträge haben immer variiert, sodass man bei jeder Station Spaß am lernen [sic] hatte“* (Harry).

Neben den inhaltlichen Konsequenzen müssen auch (forschungs-)methodische Konsequenzen gezogen werden. Diese betreffen zum einen die Ermittlung des persönlichen Lernstils durch den Selbsttest. Auf der Grundlage der gewonnenen Ergebnisse wäre es sinnvoll, den Selbsttest kontextbezogen zu verändern und zu optimieren, sodass die Schüler*innen ihr Lernverhalten ausschließlich in Bezug auf den (experimentellen) Chemieunterricht einschätzen. Zum anderen wäre es für die Evaluation der Wirkung der verschiedenen Lernzugänge auf den Lernertrag der Schüler*innen zielführend, nicht mit unterschiedlichen Lerneinheiten zu einem übergeordneten Thema zu arbeiten, sondern einen konkreten, inhaltsgleichen Lerngegenstand grundzulegen (z.B. einen konkreten Batterietyp). In diesem Sinne würden sich die vier Lerneinheiten tatsächlich nur im Hinblick auf den präferierten Lernstil unterscheiden. Für die Steigerung der Aussagekraft der halbstrukturierten Fragebögen wäre es schließlich zielführend, die Schüler*innen während der Bearbeitung des lernstilorientierten Lernarrangements zu videographieren und die gewonnenen Erkenntnisse vergleichend zu analysieren.

6 Ausblick

Die lernstilorientierte Differenzierung stellt grundsätzlich eine Möglichkeit dar, den Chemieunterricht adaptiv zu gestalten und auf diese Weise das individualisierte Lernen von Schüler*innen zu ermöglichen. Gerade mit Blick auf den inklusiven Fachunterricht

bildet der individuelle Lernzugang eine unverzichtbare Grundlage, wenn alle Schüler*innen am Chemieunterricht partizipieren und am gemeinsamen Lerngegenstand lernen sollen. Dabei erscheint es möglich, die Zugänglichkeit zu dem fachlichen Lerninhalt für alle Schüler*innen erhöhen zu können, wenn im Chemieunterricht unterschiedliche Formen der Informationsdarbietung, -bearbeitung und -verarbeitung reflektiert bereitgestellt werden (Schlüter, Melle & Wember, 2016). Obwohl der Chemieunterricht mit dem Einsatz von (Schüler-) Experimenten grundsätzlich die besondere Möglichkeit einer handlungsorientierten Unterrichtsgestaltung besitzt, so sind jegliche Formen der (experimentellen) Differenzierung immer auch im Hinblick auf die jeweiligen Bedarfe der Schüler*innen zu überdenken. In diesem Sinne rücken die Chemielehrer*innen in den Blick, die entsprechende Diagnose- und Differenzierungskompetenzen entwickelt haben müssen, um die lernstilorientierte Differenzierung reflektiert sowohl schüler- als auch inhaltsangepasst in ihrem Unterricht anwenden zu können. In einem Folgeprojekt werden deshalb angehende Chemielehrer*innen mit Möglichkeiten und Grenzen des Einsatzes der lernstilorientierten Differenzierung im (inkluisiven) Chemieunterricht praxisnah konfrontiert, um einem unreflektierten, stigmatisierenden Umgang mit Lernstilen von Schüler*innen frühzeitig entgegenzuwirken.

Literatur

- Abels, S. (2015). Scaffolding inquiry-based science and chemistry education in inclusive classrooms. In N.L. Yates (Ed.). *New Developments in Science Education Research*. Hauppauge, Nova science publisher, 77-95.
- Altrichter, H. & Hauser, B. (2007). Umgang mit Heterogenität lernen. *Journal für LehrerInnenbildung*, 7(1), 4-11.
- Becker, H.-J. (2009). Differenzierung – was ist gemeint? Ein Konstrukt im Spiegel chemiedidaktischer Zeitschriftenpublikationen. *NiU-Chemie*, 20(111/112), 5-7.
- Becker, H.-J., Fechner, S. & Brauckschulze, L. (2016). Trendbericht Chemiedidaktik. *Nachrichten aus der Chemie*, 64(3), 352-358.
- Bönsch, M. (2009). *Erfolgreicheres Lernen durch Differenzierung im Unterricht*. Braunschweig: Westermann.

- Brophy, J. (2006). History of research on classroom management. In C. M. Evertson & C.S. Weinstein (Eds.). *Handbook of classroom management: Research, practice and contemporary issues* (S. 17-43). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Coffield, F., Moseley, D., Hall, E. & Ecclestone, K. (2004). *Should we be using learning styles? What research has to say to practice*. London: Learning and Skills Research Centre.
- Doll, I. & Sauerhering, M. (2014). Selbstkompetenzförderung bei der Gestaltung von Unterrichtsprozessen. In C. Solzbacher, M. Lotze & M. Sauerhering (Hrsg.). *Selbst-Lernen-Können. Selbstkompetenzförderung in Theorie und Praxis* (S. 103-111). Baltmannsweiler: Schneider.
- Evertson, S.M. & Emmer, E.T. (2009). *Classroom Management for Elementary Teachers*. Upper Saddle River, NJ: Pearson.
- Gregory, G.H. (2005). *Differentiating Instruction With Style – Aligning Teacher and Learner Intelligences for Maximum Achievement*. Thousand Oaks: Corwin Press.
- Griffhorn, B. (2015). Jeder lernt anders! – Biologie unterrichten unter Berücksichtigung von Lernstilen. *MNU*, 68(4), 217-219.
- Groß, K. (2013). *Experimente alternativ dokumentieren – Eine qualitative Studie zur Förderung der Diagnose- und Differenzierungskompetenz in der Chemielehrerbildung*. Studien zum Physik- und Chemielernen (Hrsg.: H. Niedderer, H. Fischler & E. Sumfleth), Band 154, Berlin: Logos.
- Groß, K. (2017). Individuelle Förderung im Chemieunterricht. In Ch.S. Reiners. *Chemie vermitteln. Fachdidaktische Grundlagen und Implikationen* (S. 148-167). Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag.
- Hattie, J. (2013). *Lernen sichtbar machen*. Baltmannsweiler: Schneider Verlag.
- Keefe, J.W. & Ferrell, B.G. (1990). Developing a Defensible Learning Style Paradigm. *Educational Leadership*, 48(2), 57-61.
- Luo, X. (2015). *Lernstile im interkulturellen Kontext: Eine empirische Untersuchung am Beispiel von China und Deutschland*. Wiesbaden: Springer-Verlag.
- Menthe, J. & Hoffmann, T. (2015). Inklusiver Chemieunterricht: Chance und Herausforderung. In J. Riegert & O. Musenberg (Eds.). *Inklusiver Fachunterricht in der Sekundarstufe* (S.131-141). Stuttgart: Kohlhammer Verlag.
- Meyer, A., Rose, D.H., & Gordon, D. (2014). *Universal design for learning: Theory and practice*. Wakefield MA: CAST Professional Publishing.

- Möller, K. (2004). Verstehen durch Handeln beim Lernen naturwissenschaftlicher und technikbezogener Sachverhalte. In R. Lauterbach & W. Köhnlein (Hrsg.). *Verstehen und begründetes Handeln* (S.147-165). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen (MSW) (2014). *Kernlehrplan für die Sekundarstufe II Gymnasium/Gesamtschule in Nordrhein-Westfalen*. Verfügbar unter:
https://www.schulentwicklung.nrw.de/lehrplaene/upload/klp_SII/ch/KLP_GOST_Chemie.pdf (letzter Zugriff: 05.10.2017).
- Paradies, L. & Linser, H.J. (2001). *Differenzieren im Unterricht*. Berlin: Cornelsen Scriptor.
- Riener, C.& Willingham, D. (2010). The Myth of Learning Styles. *Change: The magazine of higher Learning*, 5, 32-35.
- Rose, D. & Meyer, A. (2000). Universal design for learning. *Journal of Special Education Technology*, 15(1), 1-12.
- Saalfrank, W.T. (2008). Differenzierung. In E. Kiel (Hrsg.): *Unterricht sehen, analysieren, gestalten* (S. 65-95). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Schlüter, A.K., Melle, I. & Wember, F.B. (2016). Unterrichtsgestaltung in Klassen des Gemeinsamen Lernens. Universal Design for Learning. *Sonderpädagogische Förderung heute*, 61(3), 270-285.
- Solzbacher, C. (2014). Selbstkompetenz als zentrale Dimension im Bildungsprozess: Wie Lernen (besser) gelingen kann. In C. Solzbacher, M. Lotze & M. Sauerhering (Hrsg.). *Selbst-Lernen-Können. Selbstkompetenzförderung in Theorie und Praxis* (S. 1-19). Baltmannsweiler: Schneider.
- Tomlinson, C.A. (2001). *How to differentiate Instruction in Mixed-Ability Classrooms*. Alexandria. VA: Association for Supervision and Curriculum Development.
- Wellensiek, A. & Sliwka, A. (2013). Unterschiedlichkeit als Chance. Kompetenzorientierte Unterrichtsorientierung mit dem Ziel der Inklusion. *NiU-Chemie*, 24(135), 7-9.

Prof. Dr. Katharina Groß hat von 2003 bis 2009 an der Universität zu Köln und an der Deutschen Sporthochschule Köln die Fächer Chemie und Sport auf Lehramt für Gymnasien und Gesamtschulen studiert. Nach ihrem ersten Staatsexamen hat sie 2013 in der Chemiedidaktik an der Universität zu Köln bei Prof. Dr. Ch. S. Reiners promoviert und 2014 ihr zweites Staatsexamen abgelegt. Bis zu ihrer Berufung 2016 als Juniorprofessorin für Naturwissenschaftsdidaktik mit dem Schwerpunkt Sonderpädagogik an der Universität zu Köln war sie als Dozentin für das Praxissemester im Fach Chemie für alle Schulformen sowie an einem Kölner Gymnasium tätig. Seit 2018 ist sie Universitätsprofessorin für Didaktik der Chemie an der Universität Wien.



Prof. Dr. Katharina Groß
Universität Wien
Institut für Didaktik der experimentellen Chemie
Sensengasse 8/ TOP 7
A-1090 Wien
katharina.gross@univie.ac.at